

DIE BAUTECHNIK

11. Jahrgang

BERLIN, 24. März 1933

Heft 12

Alle Rechte vorbehalten.

Elektrischer Antrieb der Schleppzugschleuse bei Dörverden.

Von Regierungs- und Baurat E. Foss, Hannover.

Während heute selbst an nicht besonders verkehrsreichen Wasserstraßen ein elektrischer Antrieb der Schleusenverschlüsse gleich bei der Planung vorgesehen wird, hat man vor nicht allzu langer Zeit sogar an Hauptwasserstraßen Schleusenanlagen gebaut, deren Verschlüsse von Hand betrieben wurden, obwohl an ihnen oder in ihrer unmittelbaren Nähe elektrische Arbeit für den Antrieb zur Verfügung stand. So bestehen auch im Bereich der Wasserstraßendirektion Hannover die Schleppzugschleuse an der Weser bei Dörverden und die Schleusen Osnabrück-Haste und Osnabrück-Hollage an dem vom Ems-Weser-Kanal abgehenden Osnabrücker Zweigkanal, bei denen bei der Inbetriebnahme die Schleusenverschlüsse ganz oder zum Teil von Hand betrieben wurden, weil es wirtschaftlicher erschien, laufend die Löhne für Schleusenarbeiter aufzuwenden, als beim Bau der Anlagen die höheren Kosten für die elektrische Ausrüstung aufzuwenden.

Die nach Beendigung des Krieges infolge des inzwischen gesteigerten Verkehrs auf den genannten Wasserstraßen erneut angestellten Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergaben, daß wegen der einerseits erhöhten Arbeitslöhne und andererseits wegen der in Verbindung mit dem weiteren Ausbau der elektrischen Überlandleitungen eingetretenen Ermäßigung des elektrischen Strompreises es für die Bauverwaltung günstiger war, wenn noch nachträglich an Stelle des Handantriebes elektrischer Antrieb eingebaut wurde.

Dieser Umbau ist in den letzten Jahren durchgeführt worden und soll zunächst für die Schleuse Dörverden kurz beschrieben werden. Später soll eine Beschreibung des Umbaus für die Schleuse Osnabrück-Haste und Osnabrück-Hollage folgen.

1. Allgemeines.

Die in den Jahren 1909 und 1910 neben der Stauanlage bei Dörverden in km 309 der Weser erbaute und am 1. April 1912 in Betrieb genommene Zwei-Kammer-Schleppzugschleuse hat 350 m ganze Nutzlänge, und zwar beträgt die Nutzlänge der großen Kammer 259,75 m, die der kleinen Kammer 85,0 m. Die Nutzbreite beträgt 12,50 m. Unter-, Mittel- und Oberhaupt sind mit Stemmtoren ausgerüstet. Die Umlaufschütze sind Rollkeilschütze¹⁾.

Die Antriebe der Schleusenverschlüsse wurden von Hand betrieben. Diese Betriebsweise genügte zunächst den Anforderungen, führte aber bei dem, vom Jahre 1923 ab einsetzenden stärkeren Verkehr (Abb. 1) sehr oft zu Unzuträglichkeiten und infolge der übermäßig langen Dauer der Schließungen zu Störungen des Schiffahrtbetriebes.

Die günstige Lage der Schleppzugschleuse zu dem Wasser- und Dampfkraftwerk Dörverden legte schon lange den Gedanken nahe, den Handantrieb der Schleusentore und der Schütze durch elektrischen Antrieb zu ersetzen. Er konnte aber erst ernstlich in Erwägung gezogen werden, nachdem die Verträge zwischen Reich und Preußen betreffs Übergang der Verkehrswasserstraßen auf das Reich geschlossen waren, wobei gleichzeitig vereinbart wurde, daß von dem bei Preußen bleibenden Kraftwerk Dörverden elektrische Arbeit für Licht und Kraft an die Reichswasserstraßenverwaltung für den Betrieb der Schleusenanlage kostenlos abzugeben ist.

2. Der Handantrieb der Schleusenverschlüsse.

Die Tore und Schütze der Schleuse wurden durch Menschenkraft mittels Gangspills (Drehteller mit Handspaken, s. Abb. 2 bis 4) angetrieben. Die sehr erheblichen Widerstände, die besonders bei der Bewegung der Umlaufschütztafeln auftraten, machten eine Verdoppelung der Schleusenbedienung erforderlich. Aber

auch sonst brachte der Handantrieb wesentliche Nachteile mit sich, die ihn unwirtschaftlich werden ließen.

1. Die Ausgaben an Löhnen für die zur Betätigung der Schütze erforderlichen vier Arbeiter waren recht hoch.

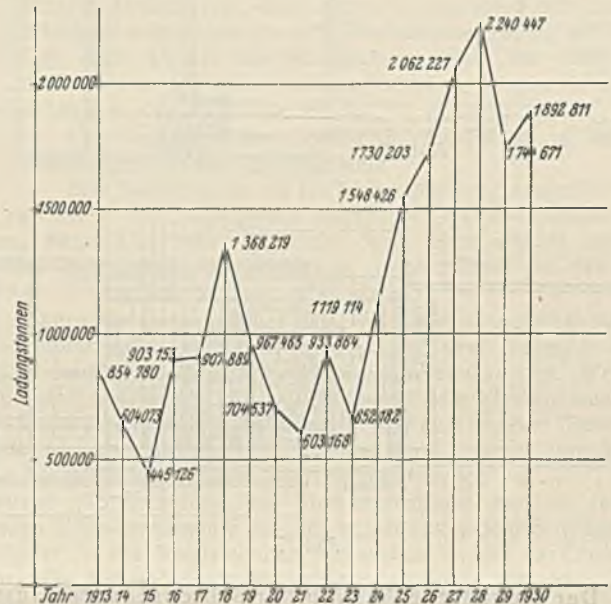


Abb. 1. Darstellung des Schiffsdurchganges in Ladungstonnen in den Jahren 1913 bis 1930.

2. Trotz der hohen Arbeiterzahl konnten die Schütze nur nacheinander bedient werden und bedingten durch die erforderliche Öffnungszeit von 16 bis 18 min eine beträchtliche Länge der Schließungszeit.

3. Der Handantrieb ist besonders bei ungünstigen Witterungsverhältnissen — Schnee und Eis — recht schwierig.

Alle diese Schwierigkeiten werden durch den elektrischen Antrieb behoben.

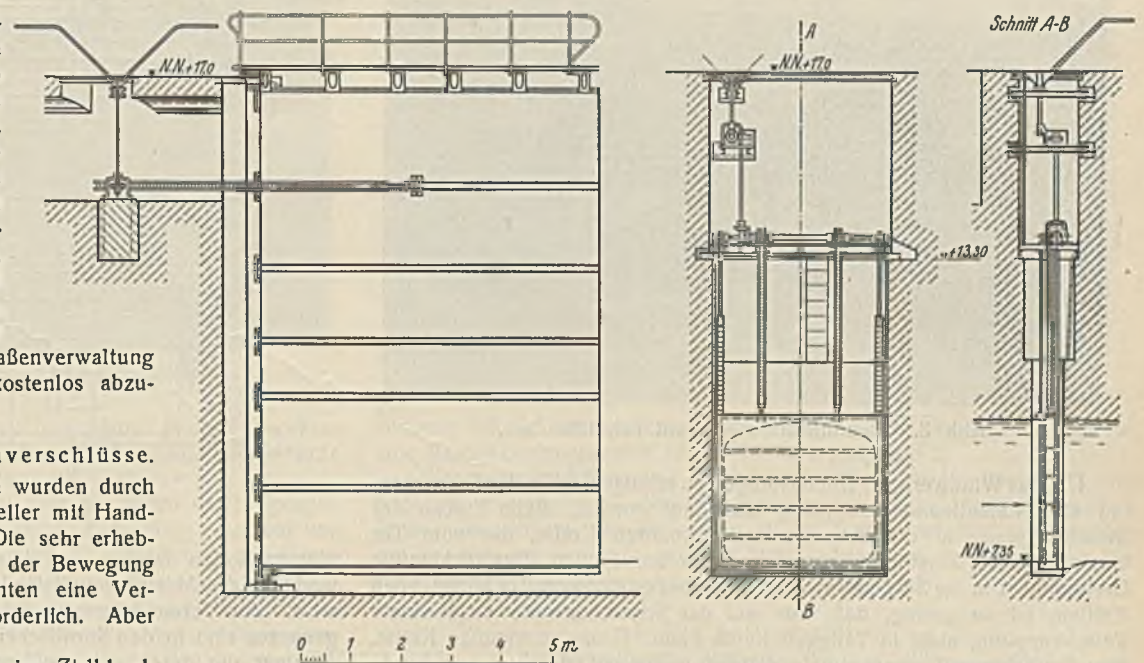


Abb. 2 bis 4. Gangpilantriebe der Tore und Schütze.

¹⁾ Die Stauanlage ist beschrieben im Ztrbl. d. Bauv. 1914, S. 233, 644 u. 654.

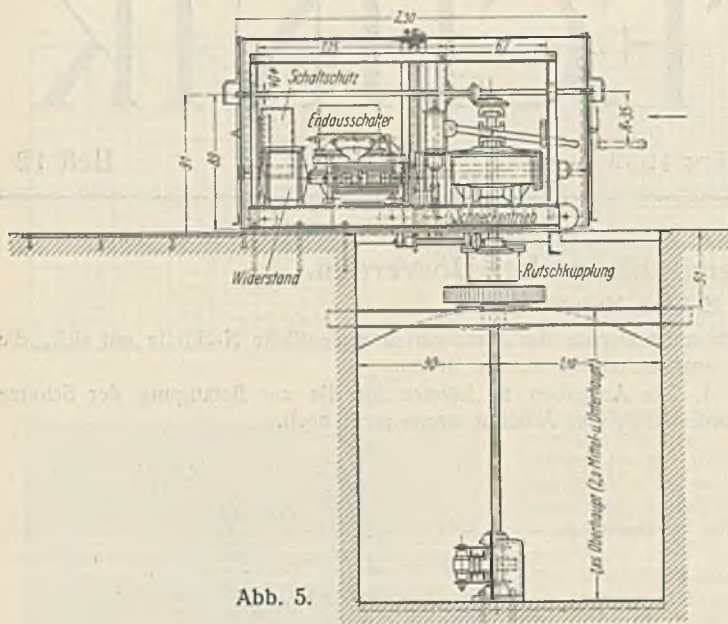


Abb. 5.

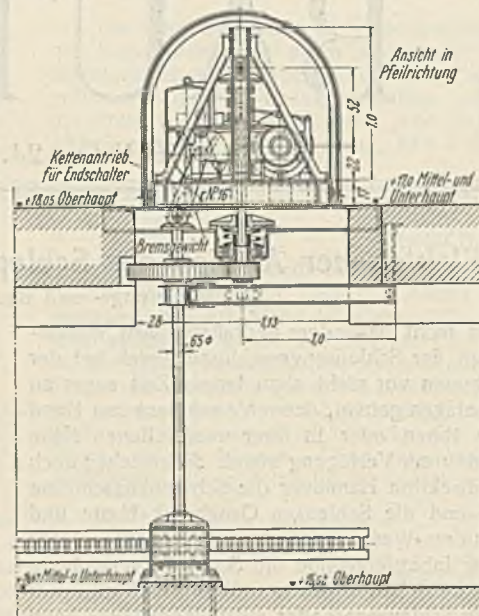


Abb. 6.

Abb. 5 bis 7. Stemmtorantrieb.

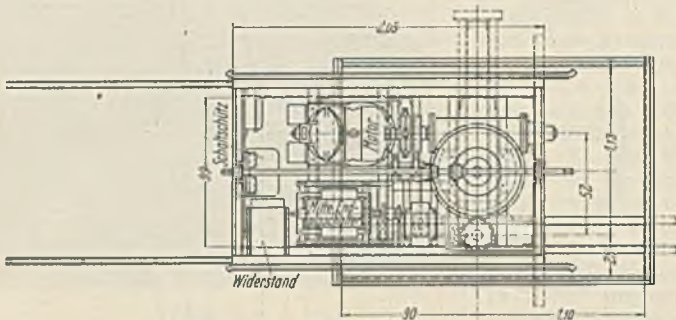


Abb. 7.

3. Der elektrische Antrieb der Schleusenverschlüsse.

Die Stemmtorantriebe (Abb. 5 bis 8). Der elektrische Antrieb für die Stemmtore wird von der vorhandenen senkrechten Welle abgezweigt. Diese Welle wird unter Zwischenschaltung eines Stirnradvorgeleges und eines Schneckengetriebes von einem 7,4 kW gleich 10,6 PS starken Motor angetrieben. Die Motorenleistung ist ausreichend, um die Tore gegen 10 cm Wasserdruck zu öffnen. Sämtliche Zahnräder für den Kraftbetrieb sind aus Stahlguß hergestellt und haben geschnittene Zähne. Das Schneckenrad besitzt einen Kranz aus Phosphorbronze, die Zähne sind sauber geschnitten. Die Schnecke ist in Stahl geschnitten, gehärtet und geschliffen und stützt sich gegen ein doppelwirkendes Kugellager ab.

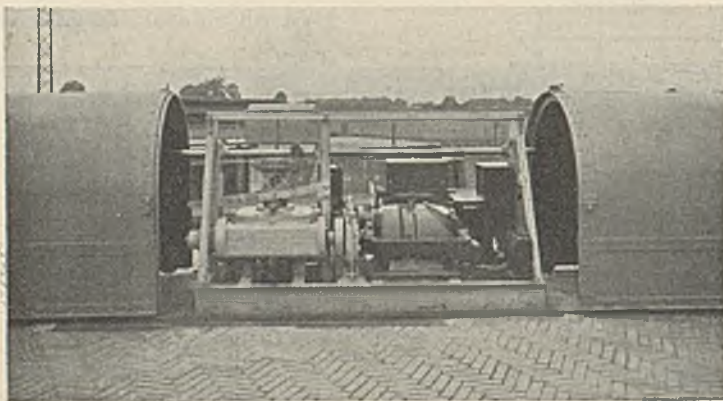


Abb. 8. Stemmtortriebe mit Schutzhauben.

Um das Windwerk vor Überlastungen zu schützen, ist in das Schneckenrad eine Lamellenrutschkupplung eingebaut worden. Beim Einbau der Rutschkupplung in die Schneckenwelle könnten Kräfte, die vom Tor kommen, leicht Zerstörungen am Windwerk hervorrufen. Das rückläufige Drehmoment in der Schneckenwelle, selbst bei großen vom Tor kommenden Kräften, ist so gering, daß eine auf der Schneckenwelle angeordnete Rutschkupplung nicht in Tätigkeit treten kann. Große rückläufige Kräfte, vom Tor kommend, werden meist dadurch verursacht, daß das ansteigende Wasser das nicht ganz geschlossene Tor zudrückt, wobei das Windwerk

unbedingt nachgeben muß, da sonst Zerstörungen unvermeidlich sind.

Der Motor und die Schneckenwelle sind durch eine elastische Kupplung verbunden. Die eine Hälfte der Kupplung ist als Bremsscheibe ausgebildet, auf die die elektrisch betätigte Bremse wirkt. Der für den Notfall vorgesehene Handantrieb geschieht durch eine verschiebbare Klauenkupplung, die auf der Schneckenradwelle sitzt. Diese verschiebbare Kupplung besitzt eine Zwischenstellung, bei der weder der Motor noch der Handantrieb gekuppelt sind, wodurch ein gleichzeitiges Laufen beider Antriebe sicher vermieden wird.

In den Endstellungen des Tores wird der Motor durch einen Spindelschalter selbsttätig ausgeschaltet.

Die gesamte Maschine ist auf einem kräftigen Rahmen aus U-Eisen aufgebaut. Alle elektrischen Teile sind gut zugänglich und leicht abnehmbar angeordnet.

Vor Witterungseinflüssen wird die Maschine durch eine zweiteilige Schutzhaube aus Blech geschützt. Beide Teile der Schutzhaube sind auf

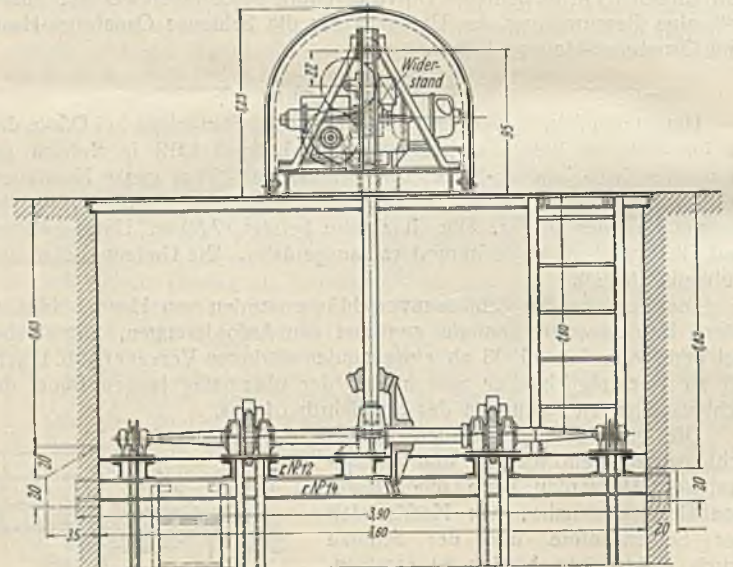


Abb. 9.

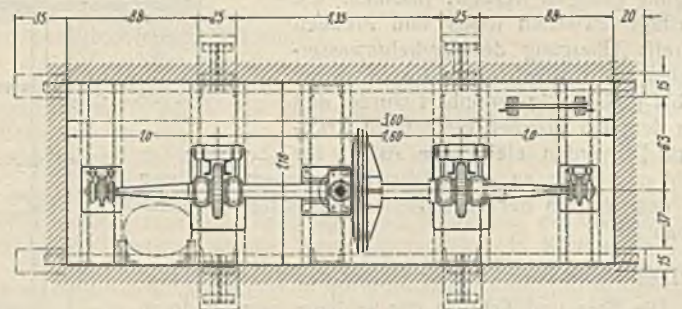


Abb. 10.

kleinen Rollen fahrbar und können leicht auseinandergezogen werden, wodurch die Maschine vollständig freigelegt und so bequem zugänglich wird. Zur Vermeidung von Schwitzwasserbildung innerhalb des Schutzgehäuses sind in den Stirnflächen der Schutzhaube Lüftungsöffnungen vorgesehen, die durch unten offene Schutzkappen wiederum abgeschlossen werden. Der Maschinenrahmen ist, soweit er über die Zahnstangengrube

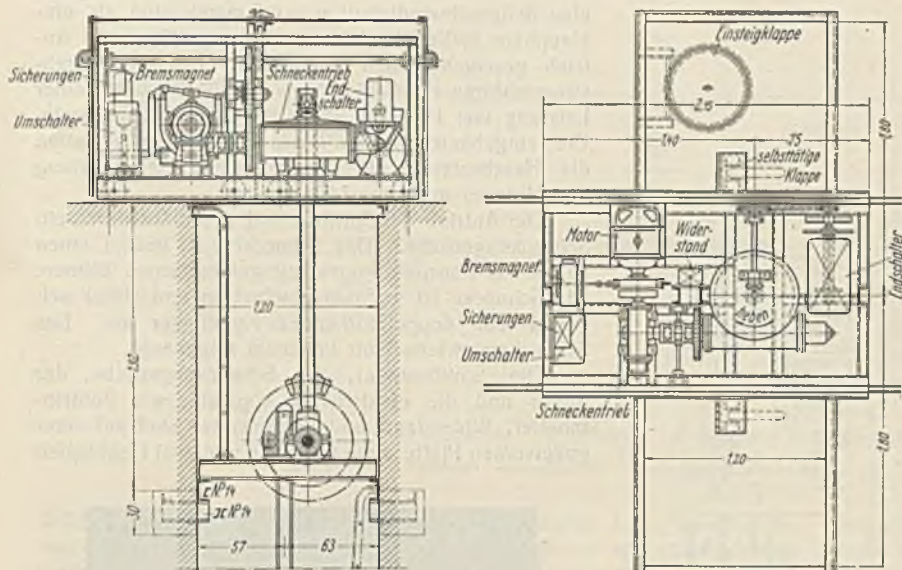


Abb. 11.

Abb. 9 bis 12. Schütz Antrieb.

Abb. 12.

hinausragt, unten mit einem Abschlußblech versehen, damit die aus der Grube aufsteigenden Wasserdämpfe nicht in die Maschine gelangen können.

Die Schütz antriebe (Abb. 9 bis 13). Der elektrische Antrieb für die Rollkeilschütze zweigt von der im Schacht waagrecht liegenden Ritzelwelle ab. Das für den Handantrieb vorhanden gewesene, für den elektrischen Antrieb durchaus ungeeignete Schneckengetriebe (s. Abb. 3 u. 4) ist entfernt worden. Der Antrieb der stehenden Welle geschieht unter Zwischenschaltung zweier Stirnradvorgelege und eines Schneckengetriebes durch einen 2,3 kW = rd. 3 PS starken Motor. Die Antriebswinde ist in ihren Einzelteilen in gleicher Weise ausgebildet wie die vorstehend beschriebene Winde für die Stemmtorantriebe. Sie ist gleichfalls für Handantrieb eingerichtet und gegen Witterungseinflüsse durch eine eiserne, verschlebbare Schutzhaube geschützt. Zwischen Schneckenwelle und Motor ist noch ein Stirnradvorgelege eingeschaltet, um ein günstiges Übersetzungsverhältnis für den Handantrieb zu erreichen.

Das Schneckengetriebe ist selbsthemmend, so daß beim Umkuppeln vom Motor zum Handbetrieb bei gehobenem Schütz ein selbsttätiges Absenken der Schütztafel nicht zu befürchten ist. Die Verbindung mit dem Stirnradvorgelege geschieht durch eine elastische Kupplung, die zugleich als Bremscheibe ausgebildet ist und auf die die elektrisch betätigte Bremse wirkt. In diese elektrische Kupplung ist die Lamellenrutschkupplung eingebaut. Bei Schütz antrieben ist es nicht erforderlich, die

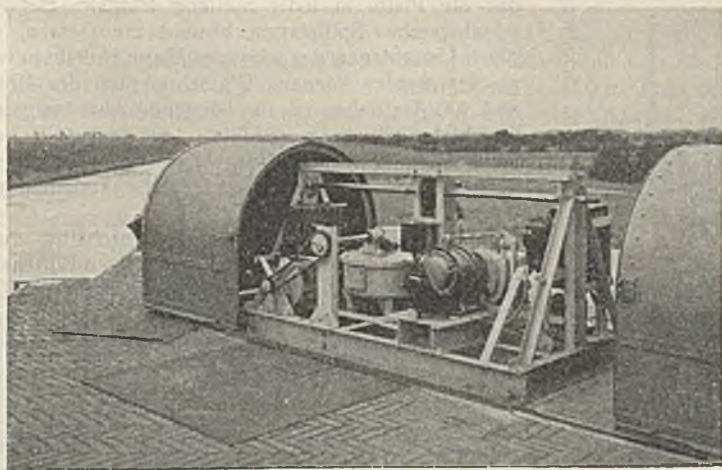


Abb. 13. Schütztriebwerk mit Schutzhauben.

Lamellenrutschkupplung wie bei den Stemmtorantrieben in das Schneckenrad einzubauen, da Überlastungen des Windwerkes durch Widerstände am Schütz nicht verursacht werden können.

In den Endstellungen der Schütztafel wird der Motor durch Spindelendschalter ausgeschaltet. Der Antrieb der Endschaltung geschieht von einer Stelle des Windwerkes, die ihre Stellung zum Schütz bei Unterbrechung des elektrischen Antriebes durch den Handantrieb nicht verändert. Die elektrischen Apparate sind wie bei den Stemmtorantrieben leicht zugänglich und abnehmbar angeordnet. — Um die Antriebsteile völlig wasserfrei zu legen, sind die alten Podeste aus Eisenkonstruktion für die Rollschützenantriebe um rd. 1,80 m höher gelegt worden (s. Abb. 3 u. 9).

Die Triebstockzahnstangen an den Schütztafeln ragen bei gehobenem Schütz beiderseits der Maschine etwa 1,80 m über Schleusenplattform heraus. In der Riffelblechabdeckung sind Klappen vorgesehen, die beim Heben des Schützes durch die Zahnstangen geöffnet werden und beim Schließen des Schützes selbsttätig zufallen, wenn die Zahnstangen sich entsprechend gesenkt haben.

Der Umbau der maschinellen Einrichtungen ist von der Nordhäuser Maschinenfabrik vorm. Schmidt, Kranz & Co. in Nordhausen am Harz ausgeführt, die elektrische Einrichtung von den Siemens-Schuckert-Werken AG, Siemensstadt, geliefert worden.

Die Steuerung der Antriebe. Hierfür sind an den drei Häuptern auf der Ostseite neben den Antrieben besondere Steuer- und Schaltpulte aufgestellt worden (Abb. 14).

Die Schaltpulte bestehen aus einem Blechgehäuse und regen- und schneedicht ausgeführt. An den Stirnflächen der Schaltpulte sind große, durch Schutzklappen überdeckte Lüftungsöffnungen vorgesehen, die eine Schwitzwasserbildung verhindern. Der obere Deckel des Schaltpultes, sowie der untere Teil der vorderen Stirnwand sind aufklappbar. Eine gute Zugänglichkeit zu den Apparaten ist dadurch gewährleistet.

Die Schaltung der elektrischen Ausrüstung ist auf dem Schaltungsplan (Abb. 15) dargestellt.

Die Steuerung ist als Hilfsstromsteuerung ausgebildet. Sie bedient sich der in den Schaltpulten eingebauten Walzenumschalter. Die Betätigung dieser Umschalter geschieht durch einen nur in der Nullstellung des Walzenschalters abziehbaren Steckschlüssel, so daß immer nur ein Antrieb eingeschaltet werden kann.

Die Schaltung ist so ausgebildet, daß zwei zusammengehörige Motoren, also zwei Motoren für die Umlaufschütze oder zwei Stemmtormotoren gleichzeitig durch einen Umschalter gesteuert werden können. Wenn nur ein Motor gesteuert werden soll, dann können die Steuerleitungen des anderen Motors durch den im Schaltbild mit „Dr“ bezeichneten Drehschalter abgeschaltet werden. Die Antriebbewegung kann jederzeit unterbrochen und im entgegengesetzten Sinne weitergeführt werden.

Während die Steuerung der Stemmtorantriebe nur an den entsprechenden Schleusenhäuptern möglich ist, sind in jedem Schaltpult drei Steuerschalter für die Schützmotoren vorgesehen, so daß das Öffnen und Schließen aller sechs Umlaufrollkeilschütze von jedem der drei Hauptstände aus besorgt werden kann.

An den Endschaltern für die geschlossene Lage der Rollschütze sind Hilfskontakte angebracht, die nur in der geschlossenen Lage der Schütze geschlossen sind. Über diese Hilfskontakte sind die Steuerstromleitungen der einzelnen Schütz antriebe geführt, so daß es nur dann möglich ist, ein Schützpaar zu öffnen, wenn die anderen Schütze geschlossen sind. Für alle Antriebe sind vollständig gekapselte Drehstrom-

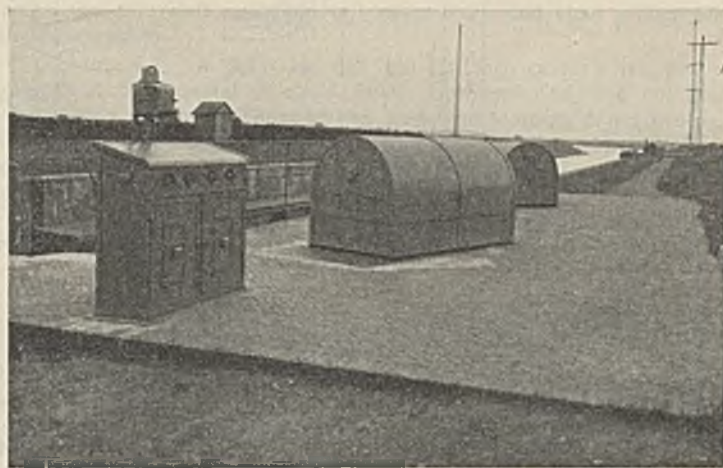


Abb. 14. Schaltpult, Tor- und Schütz antrieb am Mittelhaupt.

motoren mit Schleifringanker und fest eingebautem Läuferwiderstand für eine Betriebsspannung von 380 V, 50 Hertz aufgestellt.

Während das Öffnen und Schließen der Tore bei Handbetrieb 2 min benötigt, sind für die Torbewegungen bei elektrischem Antrieb nur etwa 40 sek erforderlich. Die Rollkeilschütze für die Umlaufverschlüsse werden bei Handbetrieb in 6 min geöffnet bzw. geschlossen, der elektrische Betrieb gestattet die Bewegungsvorgänge in etwa 3 min.

4. Die Spillantriebe.

Die auf der Ostseite der Schleuse für den Schleusenbetriebe aufgestellten, elektrisch betriebenen drei Spille für 1000 kg Zugkraft und

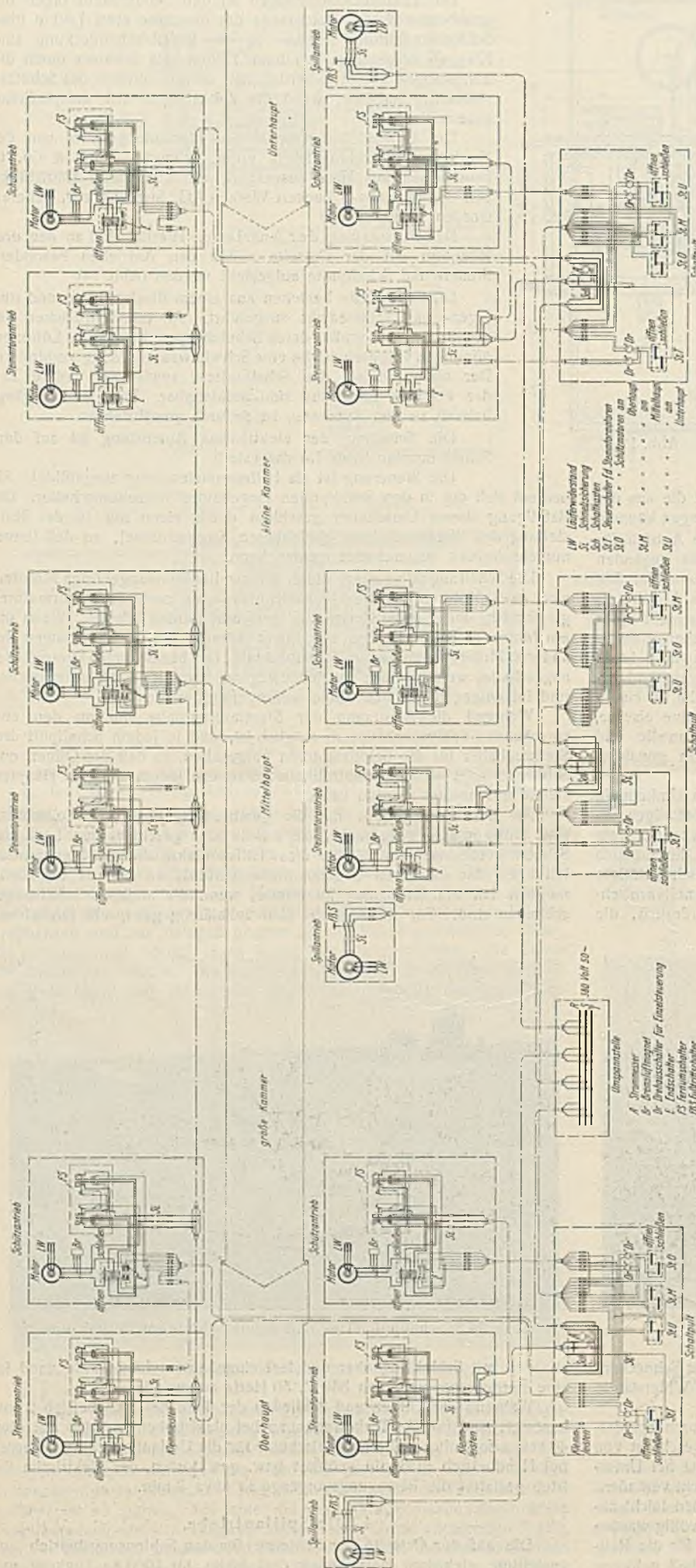


Abb. 15. Schaltungsplan für die Antriebe der Schleusenverschlüsse und Spille.

eine Seilgeschwindigkeit $v = 0,5$ m/sek sind als umklappbare Spille üblicher Bauart ausgeführt. Ihr Antrieb geschieht durch vollständig gekapselte Drehstrommotoren mit Schleifringanker für 380 V bei einer Leistung von $12 \text{ kW} = \text{rd. } 16 \text{ PS}$ und 940 Umdr./min. Die eingebauten festen Läuferwiderstände gestatten die Herabsetzung der Drehzahl und der Leistung der Motoren um etwa 14%.

Der Antrieb der Spiltrommel geschieht durch ein Schneckengetriebe. Das Schneckenrad besitzt einen Kranz aus Phosphorbronze mit geschnittenen Zähnen. Die Schnecke ist in Stahl geschnitten und stützt sich gegen ein doppelwirkendes Kugellager ab. Das Schneckengetriebe läuft in einem Ölgehäuse.

Die Spiltrommel, das Schneckengetriebe, der Motor und die elektrischen Apparate, wie Fußtrittschalter, Widerstand und Drehschalter sind auf einer gußeisernen Platte aufgebaut, die um zwei Holzzapfen

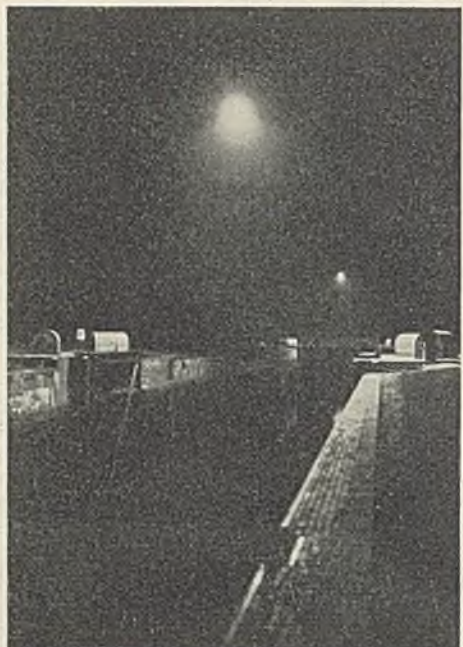


Abb. 20. Nachtbeleuchtung des Unterhauptes.

drehbar ist. Zum Drehen dient ein Schneckengetriebe, das die Platte in jeder Stellung festhält. Bei freischwingenden Spiltplatten besteht die Gefahr, daß durch Umschlagen der schweren Platte Unfälle hervorgerufen werden können. Die Schmierung des Motors und des Getriebes ist für hängende Anordnung eingerichtet und so ausgebildet, daß das Öl beim Umklappen nicht ausläuft. Zwischen Motor und Schneckenwelle ist eine Betriebsrutschkupplung eingebaut worden.

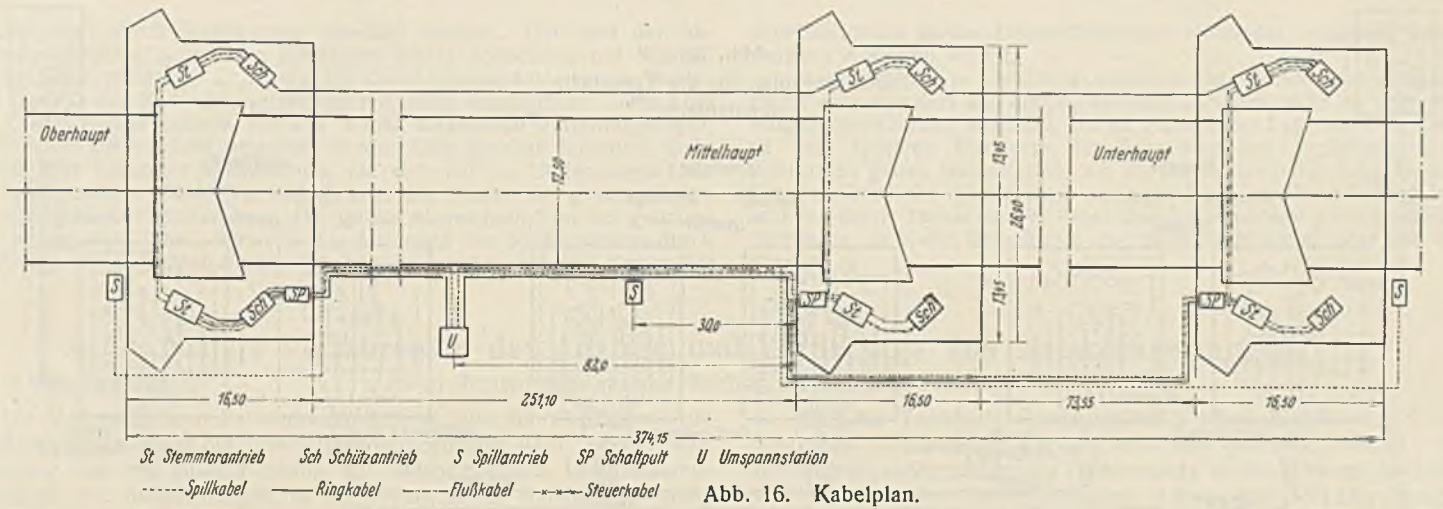
Die Spilmotoren werden eingeschaltet durch einen durch Fußtritt betätigten dreipoligen Einschalter mit selbsttätiger Wiederausschaltung.

Für die Ablenkung des Seiles nach der einen oder anderen Richtung hin ist für jedes Spill eine doppelte Ablenkrolle vorhanden.

5. Die Stromversorgung.

Die für den Betrieb erforderliche elektrische Arbeit wird von dem etwa 1,5 km von der Schleuse entfernten, an der Stauanlage gelegenen Kraftwerk Dörverden mittels Erdkabel von $3 \times 10 \text{ mm}^2$ Kupferquerschnitt, 2000 V, zu dem auf der östlichen Schleusenplattform errichteten Umspannhäuschen geführt. Hier wird die elektrische Arbeit auf 380/220 V für Kraft- und Lichtzwecke in einem Umspanner von 30 kVA Leistung umgespannt.

In dem Umspannhäuschen aufgestellte Niederspannungsschaltanlage besteht aus einem freistehenden, rückseitig eingemauerten Profleisengerüst mit seitlich abnehmbarer Schwarzblechverkleidung und vorderem Ziersockel. Das Gerüst trägt zwei Felder, eins für die Kraft- und eins für die Lichtverteilung.

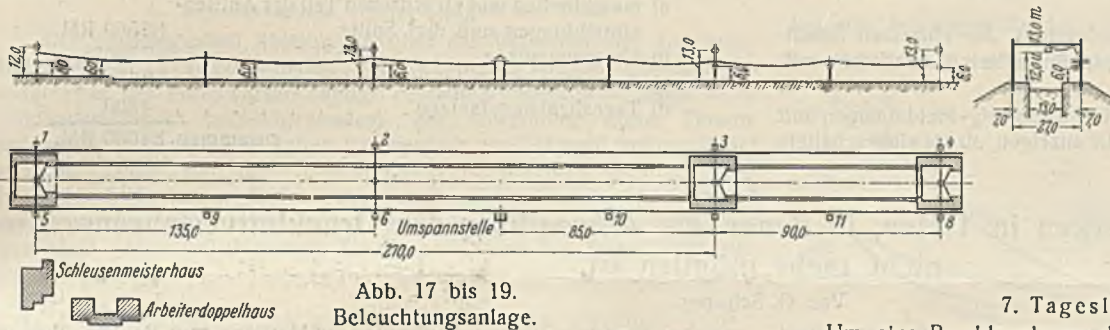


Jedes Feld besteht aus einer 3 cm dicken polierten Jura-Marmorplatte von etwa $1,50 \times 0,75$ m Größe. Die Schaltanlage ist mit allen für den sicheren Betrieb erforderlichen Apparaten und Instrumenten ausgerüstet.

Das Stromzuführungskabel für die Schleusen-antriebe von 3×16 mm² Kupferquerschnitt ist als Ringkabel (Abb. 16) ausgebildet, wobei die auf den Seitenmauern der Schleuse verlegten Kabel als eisenbandbewehrte Erdkabel und die die Schleusen-kammer am Ober- und Unterhaupt kreuzenden Kabel als Flußkabel mit verzinkter Runddrahtbewehrung ausgeführt sind.

Beleuchtung der Schleusen-kammer erzielt. Die hintereinander in einer Reihe angeordneten Lampen geben außerdem für die einfahrenden Schiffe eine tadellose Ansteuerung. Durch die Wahl von Steilstrahlern wird ein Blenden der Schiffer vermieden.

Die Steilstrahler sind zwischen eisernen Gittermasten an Tragsellen, die die Schleuse überspannen, aufgehängt. Durch eine Aufzugwinde sind sie seitlich fahrbar und senkrecht herablaßbar. Der Strom-zuführung wird durch bewegliche Leitung von der Hauptspelseitung zugeführt.



Ferner sind sieben Lampen von je 100 Watt an den Wandarmen der eisernen Maste befestigt für die Beleuchtung der östlichen Schleusen-plattform. Diese Lampen werden vom Schleusenwärterhaus geschaltet. Sämtlichen Lampen wird der Strom durch Freileitung (Kupfersell 6 mm²) 220 V Drehstrom (drei Phasen + 0) an der östlichen Schleusen-seite zugeführt.

7. Tageslichtsignalanlage.

Um eine Beschleunigung des Schiffsverkehrs zu erreichen und die Einfahrt der Schiffe in die Schleuse sowie den Verkehr in den Vorhäfen zu regeln, ist eine elektrische Tageslichtsignalanlage eingebaut worden.

Die auf der östlichen Schleusen-seite am Ober- und Unterhaupt der Schleuse aufgestellten beiden Endmaste dienen gleichzeitig als Signalmaste für je zwei Tageslichtleuchten (Abb. 22). Diese sind mit Chromspiegelreflektoren ausgestattet, haben als Lichtquelle eine Osram-Nitra-Lampe von 200 Watt und sind mit einer roten und einer grünen Glasscheibe versehen.

Die rote Leuchte zeigt an, daß die Einfahrt gesperrt ist, und die grüne Leuchte bedeutet „Einfahrt frei“. Übrigens sind, wie bei Eisenbahnsignalen, blaugrüne Glasscheiben eingebaut worden, deren Sichtweite etwas größer ist als gelbgrüne Glasscheiben. Die Sichtweite der Tageslichtsignallampen beträgt bei grellem Sonnenlicht im ungünstigsten Falle etwa 500 m, bei Nacht etwa 1000 bis 1500 m.

Die Stromzuführung für die elektrische Tageslichtsignalanlage geschieht vom Oberhauptschalt-pult aus. Der Strom führt über einen Haupt-

Sämtliche Leitungen entsprechen den Vorschriften und Normalien des V. D. E. und sind, soweit sie in Gruben liegen, mit besonderem Feuchtigkeitsschutz versehen.

Aus dem Kabelplan (Abb. 16) sind außer der Führung der Kabel das Umspannhäuschen, die Antriebe der Stemmtore und der Schütze, die Schalt-pulte sowie die drei Spille ersichtlich.

6. Die Beleuchtungsanlage (Abb. 17 bis 22).

Für die elektrische Beleuchtung der Schleusen-anlage sind vier Steilstrahler mit je etwa 500-Watt-Lampen, Lichtpunkthöhe 13,0 m, über der Mitte der Schleusen-kammer und den Häu-ptern angeordnet worden, die von der Schalttafel im Umspannhäuschen geschaltet werden.

Während bei einer seitlich angeordneten Beleuchtung die Kammer-mauern ganz oder teilweise im Schlagschatten liegen, wird durch die gewählte Anordnung der Lampen über Schleusenmitte eine gleichmäßige



Abb. 21. Nachtbeleuchtung der Schleusen-kammer.

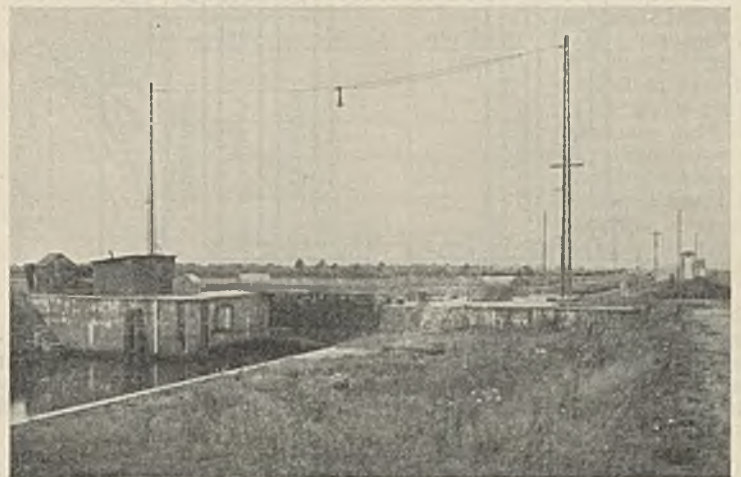


Abb. 22. Gesamtbild der Beleuchtungsanlage.

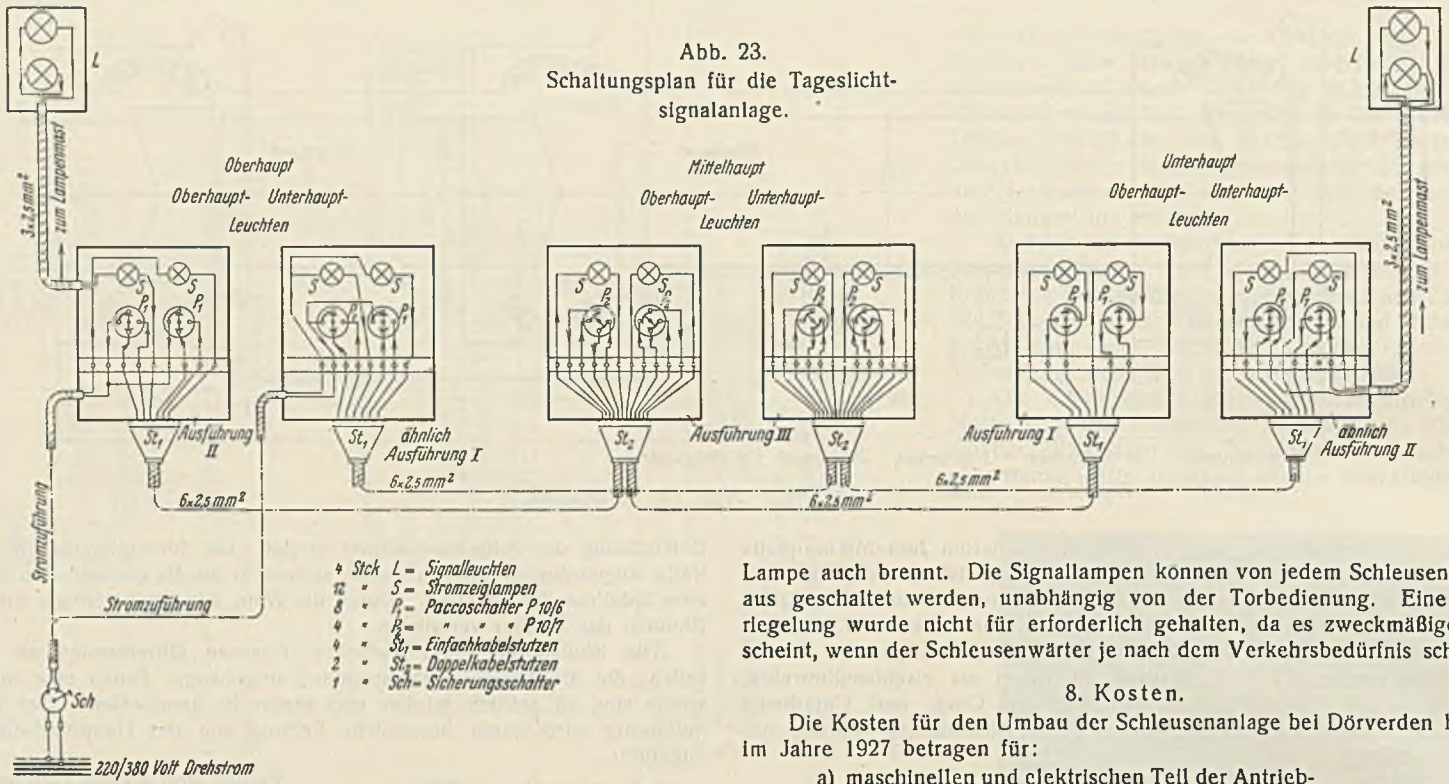


Abb. 23.
Schaltungsplan für die Tageslicht-
signalanlage.

schalter mit Sicherungen zu den Klemmbrettern der einzelnen Schaltkasten am Ober-, Mittel- und Unterhaupt, die mittels Steuerkabel miteinander verbunden sind (Abb. 23).

In jedem Schaltkasten sind zwei kleine Stromzeig-Meldelampen mit roter und grüner Glasscheibe vorgesehen, die anzeigen, ob die eingeschaltete

Lampe auch brennt. Die Signallampen können von jedem Schleusenhaupt aus geschaltet werden, unabhängig von der Torbedienung. Eine Verriegelung wurde nicht für erforderlich gehalten, da es zweckmäßiger erscheint, wenn der Schleusenwärter je nach dem Verkehrsbedürfnis schaltet.

8. Kosten.

Die Kosten für den Umbau der Schleusenanlage bei Dörverden haben im Jahre 1927 betragen für:

a) maschinellen und elektrischen Teil der Antriebseinrichtungen und drei Spille	68 500 RM
b) Umspannanlage	7 200 "
c) Beleuchtungsanlage	3 500 "
d) Tageslichtsignalanlage	4 800 "
zusammen 84 000 RM.	

Gründung von Bauwerken in Tiefen, in denen die Anwendung des Druckluftverfahrens nicht mehr möglich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Von G. Schaper.

Der Wettbewerb um Entwürfe für den Bau der Eisenbahn- und Straßenbrücke über den Kleinen Belt¹⁾ und die Ausführung der Gründungsarbeiten bei dieser Brücke²⁾ haben gezeigt, wie außerordentlich schwierig

von San Francisco (Californien) zwischen Martinez und Benicia über die Suisun-Bay hingewiesen.³⁾

Acht Pfeiler der 1,7 km langen Brücke mußten in einer Tiefe bis zu 45 m unter dem normalen Wasserstande auf dem Felsboden gegründet werden. Der Felsboden ist von Ablagerungen der beiden in die Suisun-Bay mündenden Flüsse Sacramento und San Joaquin in einer Mächtigkeit von rd. 30 m überdeckt. Die Form der Pfeiler ist aus Abb. 1 zu ersehen. Sie bestehen aus einem unteren, der eigentlichen Gründung dienenden Teil und einem oberen Teil, dem Pfeilerschaft. Die Grundfläche des unteren Teils ist 12,20 m breit und 18,20 m lang, seine Höhe beträgt bei dem in Abb. 1 dargestellten Pfeiler 37 m. Der obere Teil ist hier 28 m hoch und oben 15 m lang und 5,2 m breit. Der untere Teil hat sechs

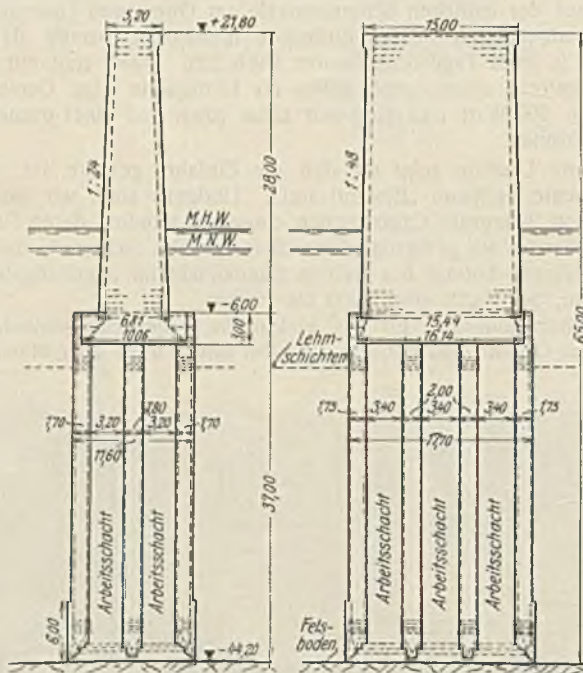


Abb. 1. Pfeiler in Längs- und Queransicht.

die Gründung von Bauwerken in Tiefen ist, in denen das Druckluftverfahren wegen der Gefahren für das menschliche Leben nicht mehr angewendet werden kann. In diesem Zusammenhang sei auf die Gründung der Pfeiler einer zweigleisigen Eisenbahnbrücke nordöstlich

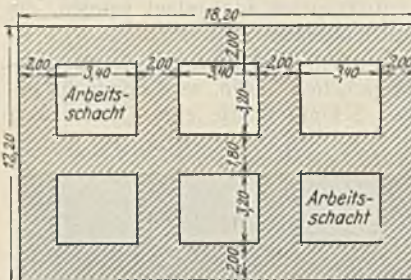


Abb. 2.
Querschnitt durch einen Senkbrunnen.

anderes als ein mit mehreren Arbeitsschächten versehener Senkbrunnen. Zum Aufbau dieses Brunnen wurde von einer von Rammpfählen getragenen Arbeitsbühne aus ein Stahlzylinder von 25 m ϕ abgesenkt, der unten und oben offen war, mehrere Meter in die Ablagerungsschichten einsank und oben über das Wasser hinausragte. Der Stahlzylinder wurde mit Sand gefüllt und bildete so eine künstliche Insel, auf der die Schneiden und der übrige untere Teil des Senkbrunnens aufgebaut wurden. Von schwimmenden Kranen aus wurden der Sand der künstlichen Insel und im weiteren Verlauf der Lehm der Ablagerungsschichten aus den sechs Arbeitskammern des Senkbrunnens herausgeschafft. Der Senkbrunnen sank dadurch tiefer hinunter und wurde dann weiter hochgemauert. Kurz bevor die Schneiden den Felsboden erreichten, wurde die Beschaffenheit des Bodens von Tiefseetauchern genau untersucht. Störende Erhebungen unter den Schneiden

¹⁾ Vgl. Bautechn. 1929, Heft 9, 12 u. 17.
²⁾ Vgl. Bautechn. 1931, Heft 6, S. 72 u. 73, Heft 47, S. 683 bis 685; 1932, Heft 39, S. 493 bis 495.

³⁾ Vgl. Proceedings 1932, Septemberheft.

konnten noch durch Sprengungen beseitigt werden. Der Rest der Ablagerungsschichten unter den Schneiden wurde schließlich mit Wasserstrahlpumpen entfernt. Dann wurden die Arbeitsschächte unter Wasser nach der Art des Kontraktorverfahrens mit Beton ausgegossen. Den Kopf des Senkbrunnens bildete ein 3 m hoher Eisenbeton-Verteilungsträger, auf dem der Pfeilerschaft aufgebaut wurde. Dies geschah innerhalb dicht schließender hölzerner Spundwände, die sich auf die Umfassungswände des Senkbrunnens aufsetzten. Es gelang, die Pfeiler fast genau an den geplanten Standort abzusenken. Die größte Abweichung von der genauen Lage betrug nur 27 cm. Bereite das Absenken des Senkbrunnens durch die Ablagerungsschichten Schwierigkeiten, so wurden auf dem Boden der

Arbeitsschächte kleine Dynamitladungen entzündet, wodurch sofort ein weiteres Absinken eintrat.

Das geschilderte Gründungsverfahren ist einfach und zweckmäßig. Es ist aber nur dort am Platze, wo der Felsboden nicht zu sehr von der waagerechten Ebene abweicht, wo es gelingt, die Lage der Felsoberfläche an dem späteren Standorte der Schneiden des Senkbrunnens durch Bohrungen genau festzustellen, um die Raumkurve der Schneidenspitzen der Felsoberfläche anzupassen, und wo kurz vor Beendigung des Absenkens durch Tiefseetaucher erhebliche Unterschiede zwischen der Felsoberfläche und der Raumkurve der Schneidenspitzen beseitigt werden können.

Neuere Verfahren in der Analyse und Vorhersage von Bauwerksetzungen.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Regierungsbaumeister Dr.-Ing. A. Scheidig, Freiberg i. Sa.

Die Vorhersage von Bauwerksetzungen ist eine der wichtigsten Aufgaben, die die Praxis an die neuere Baugrundforschung stellt. Theoretische Forschung hat im Zusammenhang mit entsprechenden Laboratoriumsversuchen, mit Beobachtungen in der Praxis, sowie durch Entwicklung zweckentsprechender Apparaturen und Verfahren dazu geführt, daß wir heute in der Analyse entstandener Senkungsschäden von Bauwerken und in der Vorhersage des Verhaltens von Gründungen geplanter Bauten aller Art schon viel mehr sagen können als vor 5 bis 10 Jahren. Dieser Aufsatz soll den Stand unserer heutigen Erkenntnis auf diesem Gebiete behandeln, sowie die für die praktische Behandlung wichtigen Fragen, was zur Setzungsanalyse an Unterlagen und Daten notwendig ist, und ob und wie diese zu beschaffen und zu erheben sind. Wir wollen uns dabei auf Ton, Sand und Löß beschränken.

A. Die Mechanik der Setzungen bei Ton.

Die grundlegenden Ableitungen über das Verhalten von Ton unter Belastung hat Terzaghi geliefert. Die Theorie des langsamen Spannungsausgleiches des Porenwassers infolge Belastungsänderung ist durch seine „Erdbaumechanik“ bekanntgeworden. Die Anwendung dieser Theorie auf praktische Senkungsaufgaben ist ebenfalls von Terzaghi weitergebildet worden. Leider sind diese bedeutsamen und praktisch wichtigen Ausführungen bisher nur englisch in schwer zugänglichen Veröffentlichungen¹⁾²⁾ erschienen und daher in deutschen Fachkreisen bisher nahezu unbekannt geblieben. Hier sollen deshalb die wesentlichsten Ergebnisse kurz mitgeteilt werden.

1. Zusammendrückung einer tiefliegenden weichen Tonschicht infolge Konsolidierung.

Ein schematisches Beispiel gibt Abb. 1. Eine schwach durchlässige, weiche, daher sehr zusammendrückbare Ton- oder Schlammsschicht *bbcc* mit einer Mächtigkeit $2d$ liege in der mittleren Tiefe D zwischen zwei dicht gelagerten Sandschichten, die stark durchlässig und im Vergleich zum Ton nicht zusammendrückbar seien. Die Tonschicht sei überall gleich dick, homogen, die Poren luftfrei mit Wasser gefüllt, ihr Wassergehalt vor der Belastung sei dem Hangenddruck angepaßt. Der Durchlässigkeitskoeffizient sei im Bereiche der Drucksteigerung unabhängig vom Druck und die Bewegung des Porenwassers folge Darcys Gesetz. Gleiche Drucksteigerung infolge der Auflast erzeuge — nach entsprechender Zeit — gleiche Zusammendrückung.

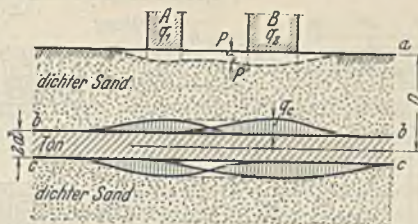


Abb. 1. Druckverteilung auf eine tiefliegende weiche Tonschicht.

An der Oberfläche werden Bauwerke *A, B* usw. errichtet (Abb. 1). Die Sohlpressungen steigen gleichmäßig, bis sie zur Zeit t_1 den Endwert q_1, q_2 usw. erreichen (Abb. 2). In der Mittellinie der fraglichen Tonschicht wächst der Druck entsprechend den Druckverteilungsgesetzen nach der Kurve q_c .

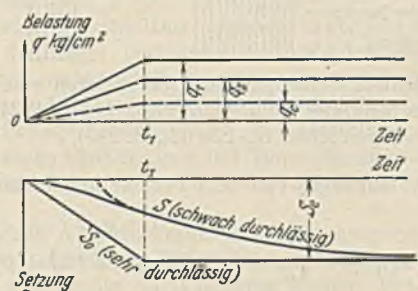


Abb. 2. Zeitbelastungs- und Zeitsetzungsdiagramm.

Wäre die Tonschicht sehr durchlässig, würde die Setzung S_0 proportional dem Druckanstieg wachsen und dann konstant bleiben. Infolge der Strömungswiderstände des Porenwassers in der schwach durchlässigen Schicht erfährt der Setzungsvergung jedoch eine Verzögerung nach Kurve *S*. Bei plötzlicher Lastaufbringung gilt die gestrichelte Linie (Parabel), bei allmählicher Laststeigerung die ausgezogene Linie *S*.

Der Wert für die Gesamtsetzung S_c läßt sich in praktischen Fällen verhältnismäßig einfach ermitteln. Man entnimmt ungestörte Bodenproben des weichen Tones aus dem Bohrloche und ermittelt im Laboratorium für jede Probe den Wassergehalt und für einige typische Proben ein Druckporenzifferdiagramm, woraus ein Mittelwert für die Verdichtungsziffer α gewonnen wird. Wird der Druck an einer Stelle der weichen Schicht infolge der Auflast z. B. von 1,0 at auf 2,0 at gesteigert, so vermindert sich die Porenziffer um $\Delta \epsilon$ (Abb. 3). Diese Größe stellt unmittelbar eine Setzungsgröße dar. Verdichtungsziffer $\alpha = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta p} \text{ kg/cm}^2$; z. B. $\alpha = 0,10$ bis $0,20 \text{ cm}^2/\text{kg}$ für weiche Tone heißt, daß eine Drucksteigerung von 1 kg/cm^2 eine Verminderung der Porenziffer um 0,10 bis 0,20 erzeugt. Die Verdichtungsziffer wird in der Regel aus dem jungfräulichen Verdichtungsast des Druckporenzifferdiagramms gewonnen. Hat der Boden jedoch früher schon eine größere geologische Auflast getragen, z. B. eine Schotterschicht von

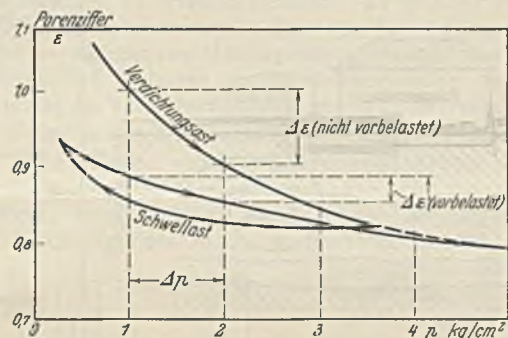


Abb. 3. Druckporenzifferdiagramm eines Tones.

10 bis 20 m Mächtigkeit, die dann durch Erosion beseitigt worden ist³⁾, so ist die aus dem Hysteresisast ermittelte Verdichtungsziffer $\alpha' = \frac{\Delta \epsilon'}{\Delta p}$ zu verwenden, die zu geringeren Setzungen führt. Die Setzung ergibt sich mithin zu

$$S_c = q_c \cdot \frac{2d}{1 + \epsilon} \cdot \alpha.$$

Zahlenbeispiel: $q_c = 1 \text{ kg/cm}^2$; $\frac{2d}{1 + \epsilon} = 400 \text{ cm}$; $\alpha = 0,10 \text{ cm}^2/\text{kg}$;
 $S_c = 1 \cdot 400 \cdot 0,1 = 40 \text{ cm}$.

³⁾ Aus dem Schnittpunkte des Hysteresisastes mit dem jungfräulichen Aste im Druckporenzifferdiagramm einer ungestörten Probe von einem bindigen Erdstoff kann unmittelbar der Druck abgelesen werden, unter dem das

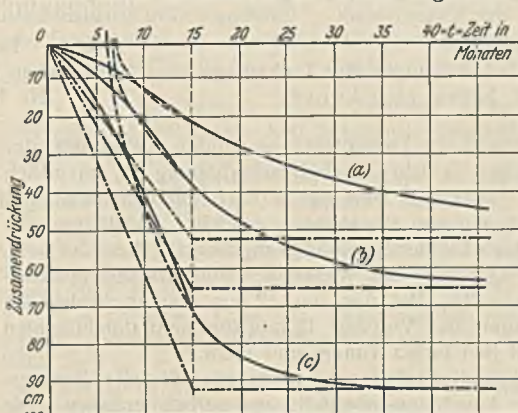


Abb. 4a. Rechnerisch ermittelter Setzungsverlauf eines Gebäudes mit 1 kg/cm^2 Belastung auf einem Baugrunde mit einer weichen Tonschicht im Liegenden⁴⁾.

Sediment früher einmal gestanden hat. Wir haben damit ein objektives Kriterium in der Hand zur Bestimmung der Größe der Erosion, der Gletschermächtigkeit in der Eiszeit, des Druckes, unter dem Kohle oder Öl gebildet worden sind usw., indem die liegenden Tone im Erdbaulaboratorium untersucht werden. Das Verfahren wird in der Stratigraphie, Brennstoff- und Diluvialgeologie sicher noch große Bedeutung erlangen.

¹⁾ Terzaghi: Settlement of buildings due to progressive consolidation of individual strata. Publications, Mass. Inst. Techn., Vol. 65, Nr. 83, Jan. 1930 (zahlreiche Druckfehler).

²⁾ Terzaghi: Settlement Analysis — the Backbone of Foundation Research. World Engineering Congress, Tokyo 1929. Paper Nr. 337.

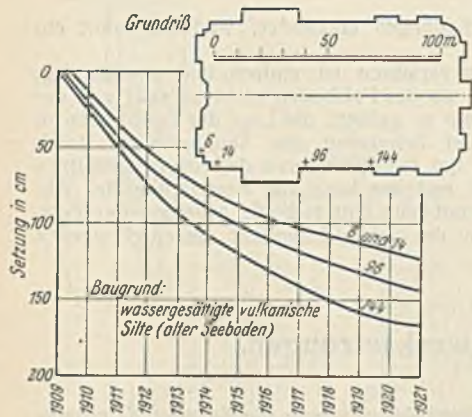


Abb. 4b. Beobachtete Setzungskurven einiger Gebäudepunkte des Nationaltheaters in Mexico-City¹⁰⁾.

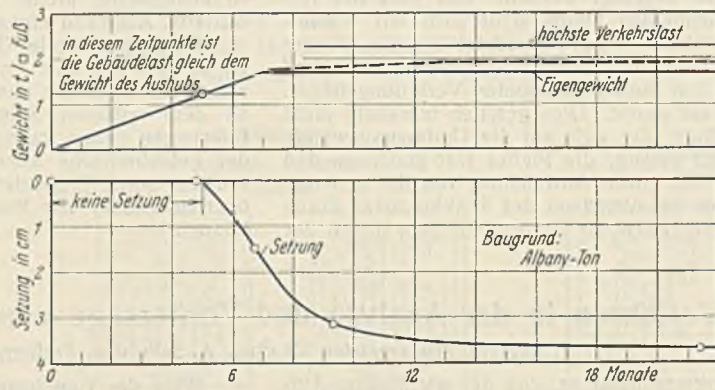


Abb. 4c. Beobachtete Setzungskurven des Telephonegebäudes in Albany N. Y.¹⁰⁾.

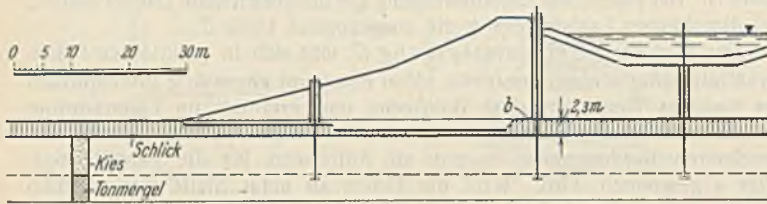


Abb. 4d. Beobachtete Setzungen an einer Dammstrecke des Mittellandkanals bei Magdeburg (Bautechn. 1932, S. 587).

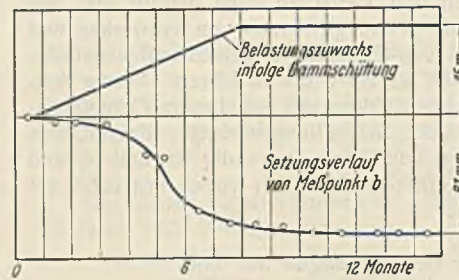


Abb. 4e. Beobachtete Setzungen und Hebungen der Tankanlage Belawan (Niederl. Indien) nach Loos⁵⁾.

Diesem Endwerte strebt die Gesamtsetzung infolge fortschreitender Konsolidierung der weichen Schicht durch Druckerhöhung in unendlich langer Zeit zu ($t = \infty$). Praktisch wird sie je nach der Durchlässigkeit in einigen Monaten bis einigen Jahrzehnten erreicht. Je dünner die Schicht ist, desto schneller wird der Konsolidierungsvorgang beendet sein, weil die Zeit mit dem Quadrate des Weges des Porenwassers (Schichtdicke) zunimmt (vgl. unter 2.). Bei den nur 12 mm starken Proben im Kompressionsapparat dauert der Vorgang 15 min (bei sehr durchlässigen Schlamm) bis zu 24 st (bei fetten Tonen) und mehr.

Der zeitliche Verlauf des Konsolidierungsvorganges läßt sich näherungsweise unter den obigen Annahmen ebenfalls rechnerisch erfassen. Die Ableitungen sind jedoch umständlicher und lassen sich in allgemeiner Form schwer darstellen, da sie stark von Durchlässigkeitsziffer, Verdichtungsziffer, Schichtdicke und Belastungsgeschwindigkeit abhängen, so daß mehrere Fälle zu untersuchen sind. Wir verweisen auf den

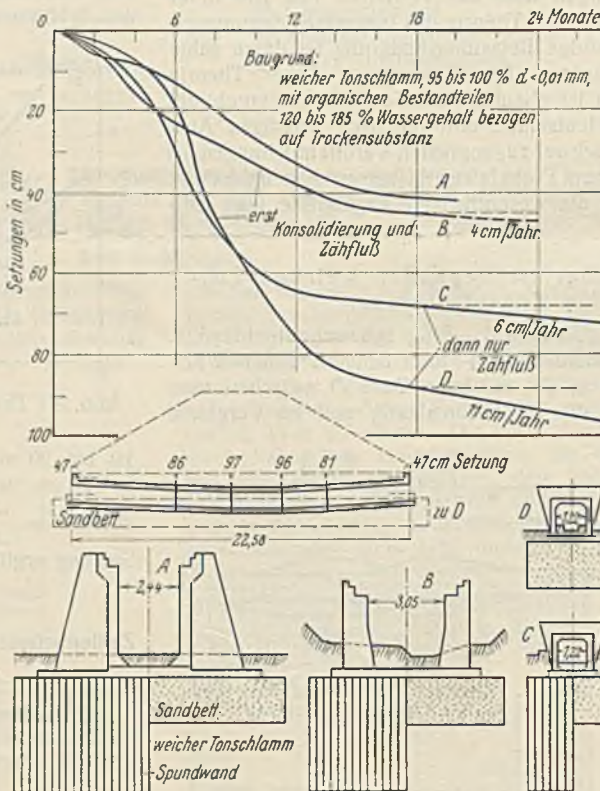


Abb. 4f. Beobachtete Setzungen von Kunstbauten einer japanischen Eisenbahnlinie (Bull. Geotechn. Comm. 1931, Nr. 1 der japanischen St.-Eisenb., S. 242).

Terzaghischen Originalaufsatz⁴⁾. Die Ergebnisse eines Rechnungsbeispiels sind in Abb. 4a dargestellt. Ein weiteres Rechnungsbeispiel ist enthalten in Scheidig, Baugrundforschung und Fundierungswesen⁴⁾. Darin wird auch an vier Setzungsbeobachtungen von Ingenieurhochbauten gezeigt, daß gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Wirklichkeit besteht. Eine Reihe weiterer überzeugender Beobachtungsbeispiele aus dem Hoch-, Erd- und Eisenbahnbau zeigen Abb. 4b bis f.

2. Mehrere tiefliegende Tonschichten zwischen Sand.

Treten mehrere weiche Schichten mit Sandzwischenlagen auf (Abb. 5), die wie eine Entwässerungsader für das austretende Porenwasser wirken, so ist die Gesamtsetzung zwar gleich

$$S_c = q_c \alpha \sum_{i=1}^n \delta \text{ (reduziert),}$$



Abb. 5. Mehrere weiche Tonschichten δ mit Sandzwischenlagen.

aber der Konsolidierungsvorgang vollzieht sich infolge der kürzeren Strömungswegen des Porenwassers viel rascher, als wenn nur eine Schicht von der Dicke $\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ vorliegt, und zwar bei gleichen Schichtdicken δ entsprechend einer Schichtdicke δ^5 .

3. Zusammendrückung eines an seiner Oberfläche belasteten Tonlagers infolge Konsolidierung.

Für diesen Fall gibt Terzaghi ein Näherungsverfahren⁶⁾. Die Setzung

ist abhängig von dem Flächendurchmesser $2r$ und ergibt sich zu

$$S = q \cdot 2r \cdot \alpha \cdot \frac{1}{1 + \epsilon_s}$$

Beispiel: $q = 1 \text{ kg/cm}^2$, $2r = 100 \text{ cm}$, $\alpha = 0,1 \text{ cm}^2/\text{kg}$, $\epsilon_s = 1,5$.

$$S = 1 \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{2,5} = 10 \cdot 0,4 = 4,0 \text{ cm.}$$

Dabei ist die Mächtigkeit des Tonlagers ∞ ; die Zeit, in der sich diese Setzung einstellt, ist ebenfalls ∞ . Über den zeitlichen Verlauf (Abb. 6) s. Erdbaumechanik. Einen wenig anderen Rechnungsgang gibt Terzaghi⁷⁾:

⁴⁾ Bauing. 1932, Hefte 21 bis 24.

⁵⁾ Vgl. hierzu auch die Ausführungen Terzaghis in Ingenieurgeologie, S. 470. — Treffende Beispiele bei Loos, Kritische Betrachtung von Flach- und Pfahlgründungen, S. 2, 11, 17 (Degebo-Veröffentl., Heft 3). Berlin 1932.

⁶⁾ Erdbaumechanik, S. 257 u. 258.

⁷⁾ Ingenieurgeologie, S. 468.

„Aus der Theorie der im belasteten Untergrund herrschenden Druckverteilung geht hervor, daß die durch die Belastung herbeigeführte Gesamtzusammendrückung des Untergrundes ungefähr ebenso groß ist, wie wenn sich der auf die Oberfläche wirkende Druck nach unten hin mit unverminderter Intensität, jedoch nur bis zu einer Tiefe fortplanzen würde, die etwa dem 1,2fachen des Durchmessers der Lastfläche gleichkommt“. Diese Tiefe bezeichnet er als „Dicke der äquivalenten Bodenschicht“.

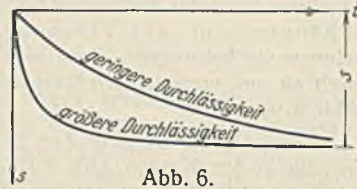


Abb. 6.
Charakteristische Zeitsetzungsdiagramme für verschiedene Durchlässigkeit des Tones.

Beispiel: $S = 1,2 q \cdot 2r \cdot \alpha \cdot \frac{1}{1 + \epsilon_S}$;

$2r = 100 \text{ cm}$; $\alpha = 0,1 \text{ cm}^2/\text{kg}$; äquivalente $D = 1,2 \cdot 2r = 120 \text{ cm}$;
 $\epsilon_S = 1,5$; $q = 1 \text{ kg/cm}^2$.

$S = q \cdot \frac{D}{1 + \epsilon_S} \cdot \alpha = \frac{120}{2,5} \cdot 0,1 = 4,8 \text{ cm}$.

Beide Formeln stimmen bis auf den Faktor 1,2 überein. Von Bedeutung ist dabei noch, ob die Fundamentplatte durchlässiger oder undurchlässiger (z. B. isoliert) ist als Ton. Hiervon hängt die Länge des Weges ab, den das Porenwasser beim Ausquetschen zurücklegen muß. Eine Isolierung oder Rippenfundierungen, die den Strömungsweg verlängern, verlangsamen den Setzungsprozess, vermeiden ihn aber nicht.

4. Andere Setzungsfaktoren bei Ton.

Neben Setzungen infolge Konsolidierung entstehen Senkungen infolge

1. Formänderung bei konstantem Volumen (Poissonsziffer $m = 2$),
2. Formänderung durch viskoses Fließen (Zähfluß).

Die ersteren entstehen dadurch, daß bei sehr rascher Belastung eine plötzliche Formänderung durch Querstreckung und Auftreibung stattfindet, wobei der Wassergehalt unverändert bleibt. Ein Volumenelement des Bodens ändert daher wohl seine Gestalt, aber nicht sein Volumen. Hierher gehören eine Reihe von Störfällen durch Schiefstellung des Bauwerkes und ähnliche Fehlgründungen.

Die zweite Art der Formänderung entsteht durch ein langsames Fließen des Schlammes oder Tones seitwärts oder nach oben bei schwacher Scherbeanspruchung, das auch bei konstantem Wassergehalt vorkommen kann und mit einer Geschwindigkeit von 1 oder wenigen cm im Jahre fortschreitet (vgl. Abb. 4f). Weitere Beobachtungsbeispiele hierzu finden sich in Terzaghis Aufsatz „Tragfähigkeit der Flachgründungen“⁹⁾.

Nur in seltenen Fällen beherrschen diese beiden oder einer dieser beiden Faktoren das Setzungsbild. In den allermeisten Gründungsfällen handelt es sich ausschlaggebend oder vorwiegend um Zusammendrückungen infolge Konsolidierung.

5. Erforderliche Bodenuntersuchungen bei Ton.

Nach den vorstehenden Darstellungen sind in allen Fällen, wo es sich um Setzungsanalyse und Setzungsvorhersage von Gebäuden auf Ton- und Schlammablagerungen handelt, folgende Gesichtspunkte für die Bodenuntersuchungen zu beachten:

Da es vollkommen homogene Tonablagerungen in der Natur kaum gibt, sondern der Boden sowohl waagrecht als lotrecht, manchmal von Schritt zu Schritt, in seiner Konsistenz und Beschaffenheit wechselt, so sind möglichst viele einfache Untersuchungen weniger, aber sehr genauen Methoden grundsätzlich vorzuziehen.

Schon aus diesem Grunde haben umständliche Probelastungen an der Baugrubensohle in der Regel geringen Wert. Werden sie durchgeführt, so sind unter allen Umständen Ruhepausen einzuschalten und Zeitsetzungsdiagramme unter gleichbleibender Last durchzuführen, wobei die Pausen 12 bis 36 st betragen müssen (je nach Durchlässigkeit und Flächengröße). Aus diesem Grunde sind bei Tonen Gewichtbelastungen den Druckwasserpressen vorzuziehen, auch bei Probelastungen im Bohrloch.

Den wichtigsten Aufschluß geben möglichst zahlreiche und genügend tiefe Bohrungen. Die in Deutschland vielfach üblichen Bohrdurchmesser von 25 bis 30 cm sind weder wissenschaftlich noch wirtschaftlich gerechtfertigt. Man sollte mit einigen tiefen Bohrlöchern beginnen, für die 15 bis 20 cm Durchm. das Höchstmaß bilden, und dann dem Befund der ersten Bohrlöcher entsprechend flachere Bohrungen einschalten mit 7,5 bis 10 cm Durchm. Die Bohrtiefe sollte bei den ersteren mindestens gleich dem dreifachen Durchmesser des Bauwerkes bei gedrängten Grundrissen bzw. der doppelten Breite bei langgestreckten Grundrissen sein, wenn nicht vorher der Felsen erreicht wird.

⁸⁾ Vorbericht, I. Internat. Kongreß für Brückenbau und Hochbau, Paris, Mai 1932.

Aus den Bohrlöchern sind in Abständen von 0,50 bis 1,0 m Tiefe gestörte Bodenproben zu entnehmen und unter Luftabschluß aufzubewahren. Sobald eine weichere Ton- oder Schlammsschicht angebohrt wird, sind außerdem ungestörte Bodenproben zu entnehmen und sofort in dem Entnahmestutzen zu paraffinieren.

Diese ungestörten Bodenproben werden im Laboratorium auf natürlichen Wassergehalt untersucht; die Feststellung der Atterbergschen Grenzen gibt in den meisten Fällen schon ein Bild über die Plastizitätsverhältnisse, die Feststellung des spezifischen Gewichtes ein Bild über Gehalt an organischen Bestandteilen (bei Schlamm wichtig). Bei einigen typischen Proben, die sich aus den eben erwähnten Untersuchungen feststellen lassen, wird im Kompressionsapparat ein Druckporenzifferdiagramm aufgenommen, woraus sich die Größenordnung der Verdichtungsziffer ergibt, mit der dann die Setzungen berechnet werden. Außerdem muß die Durchlässigkeitsziffer ermittelt werden, woraus sich der zeitliche Verlauf der Setzung berechnen läßt. Wird der Schwellwert noch ermittelt, so ergibt sich die Einreihung in die Baugrundklassifizierung nach Terzaghi¹⁰⁾.

Daß es unbedingt erforderlich ist, ungestörte Proben als Grundlage für die Setzungsanalyse bei Ton zu verwenden, hat kürzlich Casagrande¹⁰⁾ in einer wertvollen Arbeit über die Struktur der Tone gezeigt.

B. Die Mechanik der Setzungen bei Sand.

In die Setzungsvorgänge im Sandboden ist in den letzten Jahren ebenfalls unsere Einsicht erheblich gewachsen. Während noch vor einigen Jahren die Ansichten über den Einfluß der Flächengröße auf die Setzungen stark auseinandergingen, ist durch umfangreiche Versuche und Untersuchungen in Freiberg und Wien die Frage wenigstens für kleinere Flächen bis 1 m Durchm., wie sie für Probelastungen verwendet werden, vollständig geklärt worden. In dem Aufsatz von Kögler „Über Baugrund-Probelastungen“¹¹⁾ sind die wichtigsten Versuchsgrundlagen der Freiburger Versuche veröffentlicht, die von Goerner¹²⁾ durchgeführt wurden. Aichhorn¹³⁾ hat die Versuchsergebnisse erweitert und sie rechnerisch zu erfassen versucht. Zu gleicher Zeit hat Scheidig¹⁴⁾ in Terzaghis Laboratorium in Wien die Formänderung einer Sandzelle unter den verschiedensten Hauptspannungsverhältnissen untersucht. Das daraus abgeleitete Verfahren für die Setzungsanalyse von Lastkörpern auf Sand vermag die Versuchsergebnisse ebenfalls theoretisch vollständig zu erklären.

Die neuen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Im Sand nimmt die Grenzbelastung nahezu im geraden Verhältnis mit der Größe der Lastfläche zu; d. h. je größer die Lastfläche, desto größer ist die Belastung, die aufgebracht werden muß, um die Festigkeit des Sandes zu überwinden. Mit zunehmender Gründungstiefe nimmt die Grenzbelastung weiter sehr rasch zu, wobei ihre relative Zunahme vom Verhältnis der Gründungstiefe zur mittleren Breite der Lastfläche abhängt.

Die Grenzbelastung ergibt sich aus der Lastsenkungskurve und entspricht der mittleren Bodenpressung, bei der die Setzungskurve nahezu lotrecht wird. Für dichten Sand ist dieser „Ruck“ scharf ausgeprägt und daher die Grenzbelastung eindeutig zu bestimmen. Für losen Sand ist die Kurve stetig gekrümmt, die Grenzbelastung daher nicht so eindeutig festzustellen.

Genauere Werte für die Grenzbelastung sind erst für kleine Lastflächen versuchsmäßig ermittelt. Werte aus Probelastungen mit Lastflächen bis zu 1 m Durchm. bestätigen das lineare Gesetz befriedigend. Für größere Lastflächen

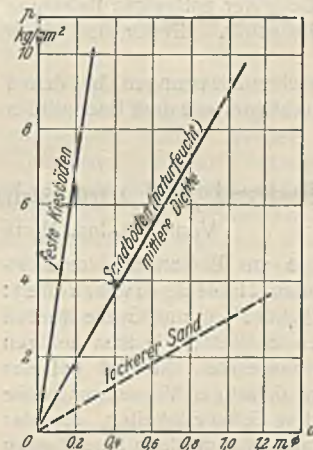


Abb. 7. Größenordnung der Grenzbelastung von Sand an der Oberfläche.

⁹⁾ Über die Technik dieser Versuche siehe Terzaghis Ingenieur-geologie und Gilboy, Soil Mechanics Research. Pap. Amer. Soc. Civ. Eng. 1931 (Nov.), ferner Fußnote 10.

¹⁰⁾ A. Casagrande, The structure of clay and its importance in foundation engineering. Publications, Mass. Inst. of Techn. 1932.

¹¹⁾ Kögler, Über Baugrundprobelastungen. Bautechn. 1931, Heft 24.

¹²⁾ Goerner, Über den Einfluß der Flächengröße auf die Einsenkung von Gründungskörpern. Dissertation Freiberg 1928. Geologie und Bauwesen 1932, Heft 3.

¹³⁾ Aichhorn, Über die Zusammendrückung des Bodens infolge örtlicher Belastung. Dissertation Freiberg 1931. Geologie und Bauwesen 1932, Heft 1.

¹⁴⁾ Scheidig, Versuche über die Formänderungen von Sand bei verschiedenen Hauptspannungsverhältnissen und ihre Anwendung auf die Setzungsanalyse von Lastkörpern auf körnigem Baugrunde. Wien 1931 (Versuchsbericht). Die wichtigsten Ergebnisse sind von Terzaghi auf dem Pariser Kongreß, Mai 1932, vorgetragen worden und im Vorbericht (s. Fußnote 8) enthalten.

stehen empirische Werte noch aus. Für dichten Sand ist die Größenordnung der Grenzbelastung an der Oberfläche aus Abb. 7 zu entnehmen. Die Grenzbelastung nimmt mit der Flächengröße und Grün-

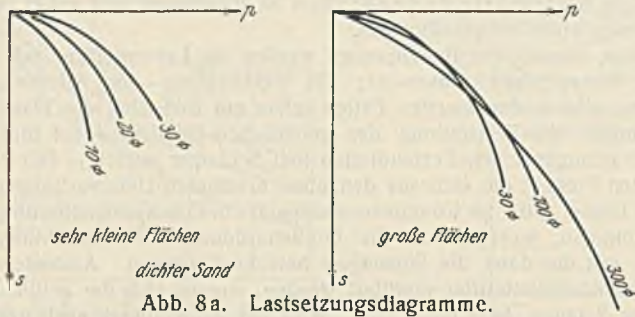


Abb. 8a. Lastsetzungsdiagramme.

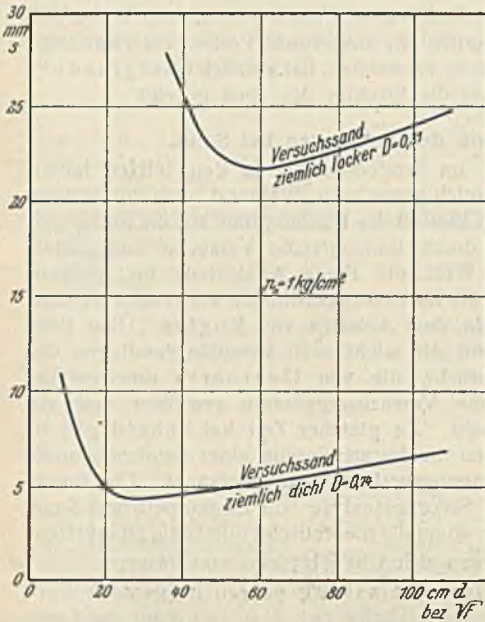


Abb. 8b. Flächensetzungsdiagramm.

dungstiefe so rasch zu, daß sie zur Beurteilung der zulässigen Belastung eines Sandbodens eine untergeordnete Rolle spielt. Hierfür sind allein die Setzungsgrößen maßgebend.

2. Bei mäßigen Belastungen, d. h. bei solchen Belastungen, bei denen die Setzungen noch halbwegs in geradem Verhältnis mit dem Bodendruck

zunehmen, ist der Setzungsbetrag — bei gleicher Bodenpressung — abhängig von der Flächengröße. Bei gleicher Bodenpressung nehmen die Setzungen — von sehr kleinen Flächen angefangen — zuerst rasch ab und steigen nach Erreichen eines Minimums langsam wieder an (Abb. 8)¹⁵⁾.

3. Größenordnung der Setzung und Lage des Minimums der Setzung in den Kurven Abb. 8 sind in sehr hohem Maße von der Lagerungsdichte des Sandes abhängig.

4. Die Verteilung der Setzungsanteile nach der Tiefe zu ist ebenfalls ausführlich studiert worden an starren Platten bis zu 1 m Durchm. auf Sanden verschiedener Dichte (Abb. 9).

Den Stadien I, II, III, IV des Lastsetzungsdiagramms entsprechen verschiedene Formen I, II, III, IV des Tiefensetzungsdiagramms (Summenkurve der Setzungen). Aus den Differenzkurven (Einheitsdehnungen) der lotrechten Zusammendrückungen jeder Schicht ist die Mechanik des Setzungsvorganges ohne weiteres erkennbar. Während im Stadium II Zusammendrückung und seitliches Ausweichen die Einsenkung verursachen, wird sie im Stadium III vom seitlichen Ausweichen beherrscht, das schließlich den Bruch herbeiführt (Stadium IV). Man beachte das Wandern des Maximums der Einheitssetzung von der Oberfläche in die Tiefe mit zunehmender Last. Die Erscheinungen sind von der Flächengröße abhängig und, wie er-

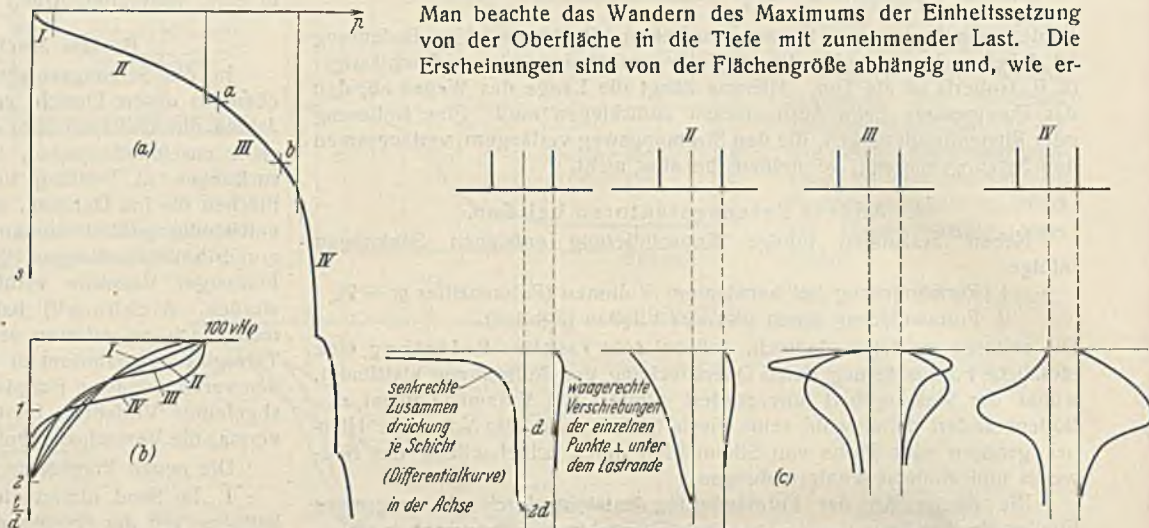


Abb. 9a bis c. Tiefensetzungsdiagramme.

wähnt, zunächst unter Platten bis 1 m Durchm. erforscht. (Schluß folgt.)

¹⁵⁾ Vgl. Fußnote 11 bis 14. Ferner Preß, Baugrundprobelastungen, ihre Auswertung und die an den Bauwerken gemessenen Setzungen. Bautechn. 1932, Heft 30, S. 391.

Alle Rechte vorbehalten.

Der Rostgrad und seine praktische Bedeutung.

Von Dipl.-Ing. Hans Heberling, München.

Die verhältnismäßig sicherste Grundlage zur Bewertung von Rostschutzfarben bilden bekanntlich die sogenannten „Freilagerversuche“: Entrostete Eisenplatten von möglichst einheitlicher Form und Größe werden mit den verschiedensten Präparaten gestrichen und unter gleichen äußeren Bedingungen jahrelang Wind und Wetter ausgesetzt. Sowohl bei der Herstellung wie auch bei der Beobachtung derartiger Versuchsanstrieche ergeben sich jedoch erfahrungsgemäß gewisse Schwierigkeiten, die das Endurteil sowohl in günstigem wie auch in ungünstigem Sinne beeinflussen können.

Vor allem ist es, wie Höpke in einer beachtenswerten Broschüre¹⁾ ausführt, fast unmöglich, die Anstriche technisch vollkommen einheitlich auszuführen. Man sollte daher zur Entrostung wie auch zum Anstreichen, gleichviel nach welchem Verfahren gearbeitet wird²⁾, tunlichst ein und dieselbe Person heranziehen. Indessen verbürgt auch diese Voraussetzung keine völlige Gewähr für gleichartige Ergebnisse. „Ein Mensch ist nicht jeden Tag in der gleichen Stimmung“, schreibt Höpke, „seine Art zu streichen wechselt“. Auf Grund seiner Untersuchungen kommt Höpke zu dem Schluß, daß man aus „subjektiven“ Gründen bei ein und derselben Person bezüglich des Materialaufwandes vorerst mit einem „Unsicherheitsfaktor“ von $\pm 10\%$ rechnen muß.

Die andere nicht minder große Schwierigkeit liegt darin, daß es bisher zur Beurteilung der Versuchsergebnisse keinen halbwegs sicheren Wertmesser gab. Werden derartige Versuchsplatten nach etwa zweijähriger

Bewitterung einer allgemeinen Besichtigung unterzogen, so findet der eine Beschauer eine Platte „verhältnismäßig gut erhalten“, vor der ein anderer bedenklich die Nase rümpft. Ein dritter meint, daß ein Rostfleck mitten auf der Platte „garnichts“ bedeute, den ein vierter als „Symptom weitgehender Zersetzung“ betrachtet. Die Verwirrung steigert sich, sobald zwei Platten, die mit gleichem Material behandelt worden sind, auffällige Unterschiede zeigen, was immerhin infolge ungleichförmiger Zusammensetzung des Eisens³⁾ und anderer Zufälligkeiten einmal vorkommen kann.

Um dieser Unsicherheit zu begegnen, ist man seit langem bestrebt, den jeweiligen Grad der Rostbildung, kurz „Rostgrad“ genannt, zahlenmäßig zu normen. Der erste bemerkenswerte Schritt dazu war die vom Normenausschuß des „Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik“ ausgearbeitete „Normalskala zur Bestimmung des Rostgrades“⁴⁾: Ist der Rost gleichförmig oder annähernd gleichförmig über das Versuchsfeld verteilt, so wird die Rostbedeckung unmittelbar in Prozenten der Gesamfläche geschätzt. Bei ungleichförmiger Rostverteilung empfiehlt es sich, das Versuchsfeld in eine zweckentsprechende Anzahl gleich großer Flächenstücke aufzuteilen, jedes davon selbständig abzuschätzen und daraus das arithmetische Mittel zu berechnen.

Beispiel. Von 10 gleich großen Flächenstücken eines Versuchsfeldes werde für 5 eine 14,5%ige, für 3 eine 10,2%ige und für 2 eine

¹⁾ Dr. F. Höpke, Beitrag zur technischen Prüfung von Rostschutzfarben, S. 6 u. f. Beuth-Verlag, Berlin.

²⁾ Für Sandstrahlentrostungen empfiehlt Höpke einen Gebläsedruck von 2 at bei einer Düsenweite von 10 mm.

³⁾ Ungleichmäßigkeiten in der chemischen Zusammensetzung des Eisens geben bekanntlich zur Ausbildung elektrischer Potentialdifferenzen und somit zur Entstehung rostfördernder Lokalströme Anlaß. Vgl. Ragg, Vom Rost und Eisenschutz, S. 13 u. f.

⁴⁾ DIN; DVM-Normblatt Nr. 3210.

0,5%ige Rostbedeckung festgestellt. Der mittlere Rostgrad beträgt demnach:

$$\frac{5 \cdot 14,5 + 3 \cdot 10,2 + 2 \cdot 0,5}{10} = 10,4\%$$

Es lag nun nahe, die auf diesem Wege ermittelten Rostgrade in „Rostklassen“ zusammenzufassen. Die Einteilung dieser Rostklassen durfte jedoch nicht willkürlich sein, sie mußte vielmehr den Bedürfnissen der Praxis Rechnung tragen. Beispielsweise mußte vorweg der Umstand berücksichtigt werden, daß sich eine Rostzunahme um 10% innerhalb der niedrigprozentigen Rostklassen verhängnisvoll auswirken kann, während sie bei den höherprozentigen praktisch belanglos ist. Diesem Umstande wird das Rostklassensystem des DVM insofern gerecht, als die niederste Rostklasse (R_0) den Zustand vollständiger Rostfreiheit darstellt (Rostbedeckung = 0% der Gesamtfläche), während die höchste Rostklasse (R_5) durch eine Rostbedeckung von mehr als 50% der Gesamtfläche gekennzeichnet ist (vgl. die folgende Tabelle).

Durch eingehende Untersuchungen in der Chem.-Techn. Reichsanstalt hat sich nun erstaunlicherweise herausgestellt, daß man das erwähnte noch immer mit etwas Willkür behaftete Normalsystem der Rostklassen

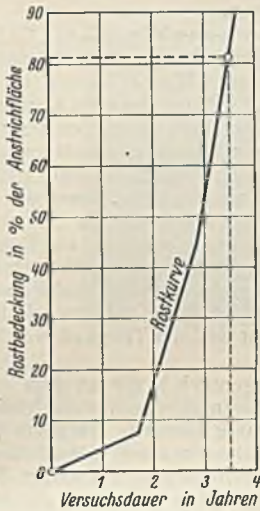


Abb. 1. Schematisierte Rostkurve.

Rostverlauf einer zweimaligen Grundierung mit 60%igem natürlichem Eisenoxyd ohne Deckanstrich.



Abb. 2.

Der in der Rostkurve wiedergegebene Eisenrotanstrich ist nach Ablauf der Versuchsdauer vollständig verrostet.

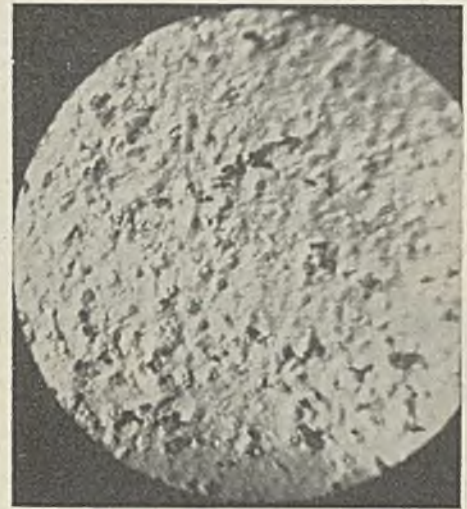


Abb. 3.

Dreimaliger Bleiweißanstrich. Keine nennenswerten Zerstörungserscheinungen (die schwarzen Punkte bestehen aus Ruß, der in den noch feuchten Anstrich hineingeweht wurde).

Aufnahmen von Deckanstrichen nach 3 1/2-jähriger Bewitterung in 16facher Vergrößerung.

unter verhältnismäßig geringfügigen Abänderungen sinngemäß auf eine exakte mathematische Grundlage bringen kann, wenn man die Rostklassen im Sinne der Exponentialfunktion $a^0, a^1, a^2, a^3, \dots$ usw. aufeinanderfolgen läßt. Die Verschiedenheit der Werte in beiden Systemen ist aus folgender Gegenüberstellung ersichtlich:

Rostbedeckung in % der Anstrichfläche ⁵⁾		R_0	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
Bisherige Einteilung		0	etwa 0,8	etwa 5	etwa 15	etwa 35	50
Neuer Vorschlag		0	1	3	10	30	100

Bezüglich des neuen Vorschlages und seiner theoretischen Begründung sei auf die betreffende Originalveröffentlichung verwiesen⁶⁾. Ich möchte indessen nicht unterlassen, an Hand einiger Beispiele auf gewisse weittragende praktische Konsequenzen hinzuweisen, die sich aus dem Rostklassensystem, besonders in seiner verbesserten Fassung, ergeben.

Angenommen, von zwei Versuchstafeln A und B werde nach sechsmonatiger Bewitterung A mit 1% Rostbedeckung der Klasse R_1 , B jedoch mit 40% Rostbedeckung der Klasse R_4 älteren oder neueren Systems zugeteilt. Nach weiterer halbjähriger Freilagerung werde jedoch bei beiden Tafeln eine Rostzunahme von je 10% festgestellt. Es ist von vornherein klar, daß sich dieser Befund bei A viel ungünstiger auswirkt als bei B. Die auf A gesetzten Hoffnungen werden durch die sprunghafte Rostzunahme jährlings vernichtet, während man bei B von vornherein nichts anderes erwartet. Dieser Gesichtspunkt kommt in der neuen Einteilung dadurch zum Ausdruck, daß die Tafel B in ihrer bisherigen Rostklasse verbleibt, während sie nach dem älteren System in die nächsthöhere Klasse aufrücken mußte.

⁵⁾ Diese Zahlen stellen, wie gesagt, keine „absoluten“ Größen, sondern Schätzwerte dar. Demgemäß wird für die Zuteilung zu einer bestimmten Rostklasse meist ein gewisser Spielraum angegeben, z. B. R_4 : 30 bis 40% älterer Vorschlag bzw. 23 bis 41% neuerer Vorschlag (vgl. die Originalveröffentlichung).

⁶⁾ Farbentz., 37. Jahrg., Nr. 5, S. 161 u. f.

Das System der „Rostklassen“, gleichviel auf welcher Grundlage man es durchführt, legt den Gedanken nahe, den Rostverlauf in Form einer Kurve darzustellen. Diese „Rostkurven“ könnten dann sinngemäß durch meteorologische Kurven (Temperatur, Luftdruck, Wassergehalt der Luft usw. während der Versuchsdauer) sowie durch vergrößerte Lichtbilder ergänzt werden, die den Zustand des Versuchsobjektes in einem besonders charakteristischen Punkte wiedergeben. Leider ist das gegenwärtig hierzu vorliegende Material noch ziemlich lückenhaft, so daß ich mich für heute auf die Beschreibung einiger typischer Fälle beschränken muß.

Die in Abb. 1 dargestellte Kurve gibt den Rostverlauf von Anstrichen, die aus Eisenrotfarben mit etwa 60% Eisenoxydgehalt (Fe_2O_3) und Leinölfirnis aufgebaut waren, schematisch wieder. Man sieht, daß diese Anstriche, falls sie ohne weiteren Zusatz in zweimaliger Schicht unmittelbar auf das Eisen aufgetragen werden, schon nach etwa 2 1/2-jähriger Bewitterung in das „kritische“ Stadium der Rostbildung eintreten, so daß der weitere Korrosionsverlauf praktisch belanglos wird.

Diese graphische Aufzeichnung findet ihre sinnfällige Ergänzung durch die nachstehend abgebildeten beiden Photos, die den Zustand derartiger

Versuchsplatten nach etwa 3 1/2-jähriger Bewitterung wiedergeben, und zwar in 16facher Vergrößerung, so daß dem Auge auch die feineren Strukturunterschiede sichtbar werden. Abb. 2 zeigt einen der erwähnten Eisenoxydanstriche, dessen Film einem zerwühlten Trichterfelde nicht unähnlich ist; es geht daraus hervor, daß die von Haus aus unregelmäßig geformten Bruchstücke der natürlichen Eisenoxyde im Laufe der Zeit jeden Zusammenhalt verlieren, und zwar infolge vorzeitiger Zerstörung des Bindemittels. Abb. 3 stellt einen dreimaligen Anstrich aus reinem Bleiweiß, der wetterbeständigsten bisher bekannten Außenfarbe, ohne vorangehende Grundierung dar. Die völlige Unversehrtheit des Deckanstrichs läßt den sicheren Schluß zu, daß hier die chemische Einwirkung des Farbkörpers auf die Ölbestandteile (Bildung sogenannter „Blei-seifen“) als lebensverlängernder Faktor mitgewirkt hat.

Demnach scheint es doch gerade kein leerer Wahn zu sein, wenn die Reichsbahn, die führenden Brückenbaufirmen, Schiffahrtsgesellschaften usw. den teuren Zeiten zum Trotz für Schutzanstriche, wo irgend möglich, die chemisch aktiven Farben, insonderheit die Bleifarben heranziehen. Allerdings geht den mehrmaligen Bleiweißdecken immer eine Bleimennigegrundierung voran. Man geht dabei von der begründeten Annahme aus, daß sich das rasche Trocknen der Bleimennige, ihre mutmaßliche passivierende Wirkung, vor allem aber ihre außergewöhnliche chemische Reaktionsfähigkeit — sie bildet innerhalb des gleichen Zeitraumes nahezu die doppelte Menge Bleiseifen wie das Bleiweiß — im Grundanstrich besonders günstig auswirken werden. Die Eisenoxyde — natürliche wie künstliche — sind im Grundanstrich durchweg verpönt, während man ihre guten Seiten (Farbenmischbarkeit, hohes Lichtbrechungsvermögen usw.) im Deckanstrich ungehindert verwerten kann⁷⁾.

Mit den „Rostklassen“ ist zweifellos ein beachtenswerter Fortschritt in der praktischen Auswertung der Versuchsanstriche erzielt worden. Eine

⁷⁾ Auf diesem Standpunkte steht nach wie vor die Deutsche Reichsbahn, die in ihren „Lieferungsbedingungen für Anstrichstoffe“ die Anwendung von Eisenrotfarben bei einem Mindestgehalt von 60% Fe_2O_3 nur für Spargrundfarben (auf Holz) und Eisendeckanstriche zuläßt.

unverrückbare Grundlage zur Wirtschaftlichkeitsberechnung⁹⁾ stellen sie vorerst ebensowenig dar, wie die Freilagerversuche selbst. Abgesehen davon, daß bei der Abschätzung der Flächenstücke auch subjektive Beobachtungsfehler unterlaufen können, liegen die Verhältnisse in der Praxis der Korrosionsbekämpfung viel zu verwickelt, als daß sie in derartigen Versuchsarrangements auch nur annähernd erschöpfend wiedergegeben werden könnten⁹⁾. In ihrer Gesamtheit jedoch bilden die systema-

⁹⁾ Im Arbeitsbereich der Deutschen Reichsbahn wurde für Rostschutzanstriche eine Art „Wirtschaftlichkeitsgesetz“ ermittelt, dessen eingehende rechnerische Begründung in der Bautechn. 1927, Heft 46, S. 673 u. f., zu finden ist.

tisierten Freilagerversuche eine wesentlich tragfähigere Grundlage für die Bewertung der Schutzpräparate als etwa die Kurzprüfungsverfahren, die häufig genug nicht nur mit den im Freien ermittelten Ergebnissen, sondern ohne erkennbaren Grund auch untereinander im Widerspruch stehen¹⁰⁾.

⁹⁾ Beim Vergleich zwischen Versuchsplatten und korrodierten Objekten der Betriebspraxis ist besonders zu beachten, daß sich der Rost unter sonst gleichen Bedingungen mit Vorliebe an auffällig spitzen oder gekrümmten bzw. mechanisch beanspruchten Eisenteilen konzentriert (Potentialerhöhung!).

¹⁰⁾ Bezüglich der Kurzprüfungen im Wetterapparat usw. vgl. die erwähnte Broschüre von Höpke, S. 20 u. f.

Vermischtes.

Regierungsbaumeister Franz Lindner †. Am 5. Januar 1933 starb am Herzschlag Regierungsbaumeister Franz Lindner, Abteilungsleiter der Siemens-Bauunion G. m. b. H. Kommanditgesellschaft, im 55. Lebensjahre.

Lindners Vater war Ingenieur der Gotthardbahn und ist bekannt durch sein Buch „Die virtuelle Länge und ihre Anwendung auf Bau und Betrieb der Eisenbahnen“. Nach dem Besuch der Volksschule in Luzern, seiner Heimatstadt, siedelte der Sohn nach München über und legte dort am Ludwigs-Gymnasium die Reifeprüfung ab. Er studierte dann an der Technischen Hochschule München und bestand 1903 die Diplomprüfung. Seine praktische Ausbildung erhielt er als Reglerbauführer bei der Bayerischen Staatseisenbahnverwaltung. 1906 legte er die Prüfung als Regierungsbaumeister ab.

Am 1. Januar 1907 trat Lindner bei der Siemens & Halske AG ein, die fünf Jahre zuvor die Stammstrecke der Berliner Hoch- und Untergrundbahn beendet und in Betrieb genommen hatte und die dann auch die Erweiterungen dieser Stammstrecke zu bauen hatte.

Lindners Name ist eng verknüpft mit dem Bau von Untergrundbahnen, nicht nur dieser Erweiterungsstrecken, sondern auch mit der Bauausführung der Schöneberger Untergrundbahn, der Wilmersdorfer Untergrundbahn, der Nordsüdbahn durch die Friedrichstraße, der Untergrundbahn unter der Schönhauser Allee, der Untergrundbahn Gesundbrunnen—Neukölln und zuletzt auch des Tunnelstückes in Hamburg vom Adolphplatz bis zum Jungfernstieg. Lindner wandte zuerst die inzwischen längst zum Gemeingut der deutschen Tiefbautechnik gewordene Bauweise der herausziehbaren Rammträger an, die für die Baugrubenabsteifung dienen; er ersann zu diesem Zweck eine Trägerziehmaschine, die heute noch ihre Dienste tut. Er wies der Bauweise der Trockenlegung der Baugruben mittels der Grundwasserspiegelsenkung neue Wege und übernahm es zu einer Zeit, als der Tiefbau noch an der



Dampfkraft als Antriebsmittel festhielt, sich auf seinen Baustellen der elektrischen Antriebskraft durchgehend zu bedienen.

Der Umbau der normalen zweigleisigen Untergrundbahnhaltestelle Wittenbergplatz in einen sechsgleisigen Abzweigbahnhof während des Untergrundbahnbetriebes, die Unterfangungen des bestehenden Untergrundbahntunnels in der Taubentzenstraße und Kleiststraße durch ein tiefer liegendes Tunnelstockwerk im Zuge der Nettelbeckstraße und an der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche stellte Lindner vor neue Aufgaben.

Besonders schwierig war die Aufgabe, die Untergrundbahntunnel durch den engen Teil der Friedrichstraße in Berlin und durch die enge Kolonnadenstraße in Hamburg durchzuführen, da die Tunnelrücken bis zu 1 m an die Hausfundamente heranrückten. Daß es gelang, diese Arbeiten ohne nennenswerten Schaden für die Häuser durchzuführen, ist Lindners besonderes Verdienst.

Die beiden Untertunnelungen der Spruce an der Weldendammer Brücke — diese in Gemeinschaft mit der Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen — und an der Jannowitzbrücke, sowie die beiden Untertunnelungen des schiffbaren Landwehrkanals am Halleschen Tor und am Kottbusser Tor sind Lindners Werk; es gelang ihm, sie ohne jeden Zwischenfall mit Hilfe der Grundwasserspiegelsenkung zu beenden.

Seine letzte Tätigkeit als Unterwassertunnelbauer war die Ausführung der Untertunnelung des Alsterflusses in Hamburg.

Auch im Auslande hatte Lindner Gelegenheit, sich zu betätigen. Seine Hauptarbeiten waren: der Bau der Athener Untergrundbahn, wo die Schwierigkeiten weniger bei den technischen als bei den Rechts- und Arbeiterfragen, sowie bei den nicht immer leicht zu erfüllenden Wünschen der Aufsichtsbehörden lagen, ferner der Bau der 1500 m langen Brücke über die Donau bei Pancevo, wo neun Pfeiler mittels Preßluft in Überdrücken bis zu 3,2 m in das Flußbett gegründet werden mußten.

Lindner hatte dort einen sorgfältigen medizinischen Überwachungsdienst für die Schleusenarbeiter eingerichtet und dem Arzt weitgehende Befugnisse über die Zeitverwendung der Arbeiter eingeräumt¹⁾.

Daß diese Bauten ohne Zwischenfälle vor sich gingen, hat nicht wenig dazu beigetragen, Lindners Ansehen und damit den Ruf der deutschen Technik im Auslande zu kräftigen.

Lindners hervorstechendste Charakterzüge waren Willenskraft, Ordnungsliebe, Gerechtigkeitssinn und Selbstständigkeitsdrang, alles Eigenschaften, die ihn zum geborenen Bauleiter stempelten. Was er einmal für richtig erkannt hatte, verfolgte er mit Zähigkeit und größter Energie; Kompromisse gab es da kaum. Den Bau bis in alle Einzelheiten im Zeichensaal sich sorgfältig zurechtlegen, bevor Anordnungen draußen getroffen wurden, keine Experimente auf dem Bauplatze machen, eine Baustelle großzügig vorbereiten, damit nachher flott gearbeitet werden kann, waren die Grundsätze Lindners. Trotz seines hitzigen Temperamentes, das ihm manches Mal Verlegenheiten bereitete, hingen seine Angestellten an ihm, denn wer ihm Treue gab, dem hielt er auch die Treue; sie spürten seine harte Hand, aber er war ihnen auch ein warmherziger Freund und Berater, der für ihre Handlungen stark eintrat. Groß ist die Zahl der Helfer, die während der zweieinhalb Jahrzehnte seiner Berliner Tätigkeit durch seine Schule gegangen sind.

Lindner scheute sich auch nicht, gelegentlich Kritik an dem Tun und Lassen seines Bauherrn und dessen Vertretern zu üben, wenn ihm deren Anordnungen auf der Baustelle in die Quere kamen. Trotzdem kam es auch hier gewöhnlich für beide Teile zu einem modus vivendi: der Bauherr pflegte bald zu erkennen, daß seine Belange bei Lindner gut aufgehoben waren, denn über Einhaltung der Fristen und Güte der Arbeiten wachte Lindner selbst aufs schärfste. Es ist häufig vorgekommen, daß sich die Bauherrschaft bei Neuaufträgen Lindner zum Bauleiter wünschte.

Eine starke Persönlichkeit ist mit Lindner dahingegangen; freimütig nach oben gegen seinen Bauherrn, warmherzig gegen seine Untergebenen, ein froher Kamerad im Freundschaftskreise, so wird er bei allen, die mit ihm zusammen arbeiten durften, in Erinnerung bleiben.

Dr.-Ing. chr. Kress, Verwaltungsratsmitglied
der Siemens-Bauunion G. m. b. H., Kommanditgesellschaft.

Patentschau.

Schützenwehr mit Stauklappe. (Kl. 84a, Nr. 536 626 vom 30. 4. 1930 von Fried. Krupp Grusonwerk AG in Magdeburg-Buckau.) Die unterwasserseitige Abstützvorrichtung für beide Wehrteile besteht aus einem mit dem Schütz fest verbundenen Teil und einem besonderen verschiebbaren Stützkörper für die Stauklappe. Auf der Unterwasserseite einer Stauwand 1 ist ein mit ihr starr verbundener Stützkörper 2 vorgesehen, der in Seitennischen des Kanals eingreift und mittels Rollen 3 auf Schienen 4 auf und ab bewegt werden kann. An der Oberkante trägt die Stauwand 1 eine schwenkbar gelagerte Stauklappe 5, die mittels Lenker 6 mit einem zweiten Stützkörper 7 verbunden ist, der mittels Rollen 8 ebenfalls auf den Schienen 4 läuft und für sich in der Höhe verschiebbar ist. Das Heben und Senken der Stützkörper 2 und 7 geschieht getrennt voneinander durch je ein besonderes Hubmittel 9 bzw. 10, so daß die Regelung des Staus wie auch die Freigabe einer Wasserdurchtrittsöffnung je für sich vorgenommen werden kann. Die Hubmittel laufen über eine gemeinsame Antriebscheibe 11. Soll die Stauwand teilweise gehoben werden, ohne gleichzeitig die Stauklappe umzulegen, so wird das den Stützkörper 7 tragende Hubmittel durch einen Haken 12 festgelegt. In der obersten Stellung des Wehres ist die Stauklappe stets umgelegt.



¹⁾ Vgl. Bautechn. 1931, Heft 40, S. 545.

INHALT: Elektrischer Antrieb der Schleppzugschleuse bei Dörverden. — Gründung von Bauwerken in Tüfen, in denen die Anwendung des Druckluftverfahrens nicht mehr möglich ist. — Neuere Verfahren in der Analyse und Vorhersage von Bauwerksetzungen. — Der Rostgrad und seine praktische Bedeutung. — Vermischtes: Reglerbaumeister Franz Lindner †. — Patentschau.

Schriftleitung: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.